

MODIFIKASI PURWARUPA(*PROTOTYPE*) FILTER  
PENGENDAP DEBU YANG BERVARIASI DENGAN  
MENGUNAKAN TEGANGAN TINGGI DC



LAPORAN TUGAS AKHIR

MUH. YUSRIL HAMMA 342 15 007

MEISI AYU RISDA 342 15 014

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2018

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir ini dengan judul "Modifikasi Purwarupa (prtotype) Filter pengendap Debu Bervariasi dengan menggunakan Tegangan Tinggi DC" oleh Muh. Yusril Hamma NIM 342 15 007 dan Meisi Ayu Risa NIM 342 15 014 Telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar diploma tiga pada program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 7 September 2018

*Mengesahkan,*

Pembimbing I,



Sonong, S.T., M.T.

NIP: 19621202 199203 1 002

Pembimbing II,



Ir. Herman Nauwir, M.T.

NIP: 19580606 198903 1 101

*Mengetahui,*

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Jamal, S.T., M.T.







NIP: 19730228 200012 1 002

#### HALAMAN PENERIMAAN

Padaharini, hari Jumat tanggal.....September 2018, tim penguji ujian siding laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian siding laporan tugas akhir oleh Muh.Yusril Hamma NIM 342 15 007 dan Meisi Ayu Risda NIM 342 15 014 dengan judul "**Modifikasi Purwarupa (Prototype) Filter PengendapDebu Bervariasi dengan menggunakanTegangan Tinggi DC**"

Makassar, September 2018

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

1. Ir. Makmur Saini, M.T., Ph.D.	Ketua	
2. Yiyin Klistafani, S.T, M.T.	Sekretaris	
3. Apollo, S.T., M.Eng.	Anggota I	
4. Gusri E. Ali, S.Pd., M.Pd.	Anggota II	
5. Sonong, S.T., M.T.	Pembimbing I	
6. Ir. Herman Nauwir, M.T.	Pembimbing II	

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah swt. Karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Modifikasi Purwarupa (*Prototype*) Filter Pengendap Debu Bervariasi dengan menggunakan Tegangan Tinggi DC” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang kami alami. Namun berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini kami menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kekuatan serta inspirasi kepada kami untuk menyelesaikan tugas kami.
2. Kedua orang tua kami tercinta, juga kepada saudara-saudara kami yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moral, bantuan materil, serta tak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada kami dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Sonong, S.T., M.T. selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Herman Nauwir, M.T. selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Hamzah Yusuf, M. Si. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Dr. Jamal, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
6. Bapak Dr. Jamal, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
7. Bapak Apollo, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
8. Bapak Marhatang. S.S.T., M.T. selaku Wali Kelas.
9. Seluruh dosen dan staff Program Studi Teknik Konversi Energi yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama melaksanakan perkuliahan, dan telah membantu dalam menyediakan fasilitas dan sarana dalam mengerjakan tugas akhir.
10. Seluruh mahasiswa Teknik Konversi Energi angkatan 2015 khususnya kelas 3A Teknik Konversi Energi yang telah menjadi saudara-saudaraku serta banyak memberikan motivasi, dukungan serta doanya, selama berada di Politeknik Negeri Ujung Pandang.
11. Buat semua pihak yang tidak sempat kami sebutkan satu-persatu yang secara tidak langsung berjasa dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Ucapan terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada keluarga besar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Kami menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, kami mengharap kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, 07 September 2018



Penulis

## DAFTAR ISI

	hlm.
HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PENERIMAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR SIMBOL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
SURAT PERNYATAAN .....	xiii
RINGKASAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LatarBelakang.....	1
1.2 RumusanMasalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan .....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Pembangkitan Tegangan Tinggi Searah (DC) .....	5
2.2.1 Rangkaian Penyearah Satu Fasa .....	7
2.1.2 Perancangan Perangkat Keras.....	9
2.2 Muatan dalam Medan Listik Uniform .....	9

2.3	Filter Pengendap Debu .....	10
2.4	Pengaplikasian Pengendap Debu .....	10
2.5	Dayahantar Listrik Plat Tembaga dan Aluminium .....	13
2.5.1	Dayahantar Listrik Plat Tembaga .....	13
2.5.2	Daya Hantar Listrik Plat Aluminium .....	14
2.6	Isolator .....	15
BAB III METODE PENELITIAN .....		16
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	16
3.2	Teknik Pengumpulan Data .....	16
3.3	Alat dan Bahan .....	16
3.3.1	Peralatan Aplikasi Tegangan Tinggi .....	16
3.3.2	Peralatan Ukur Yang Digunakan .....	17
3.3.3	Peralatan Bantu .....	17
3.3.4	Material Pengendap Debu .....	17
3.4	Prosedur Pembuatan Alat Pengendap Debu .....	17
3.5	Langkah pengujian alat pengendap debu .....	18
3.5.1	Pengambilan data dengan model filter vertikal .....	18
3.5.1.1	Jarak filter 1 cm .....	18
3.5.1.2	Jarak filter 1,5 cm .....	19
3.5.1.3	Jarak filter 1,8 cm .....	20
3.6	Alat yang akan digunakan .....	22
3.7	Diagram Alir prosedur penelitian .....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		24
4.1	Hasil Rancangan Modifikasi .....	24
4.2	Tabel Hasil Pengujian .....	25
4.2.1	Pengujian Plat Aluminium dan Plat Tembaga Jarak 1 cm dengan Menggunakan Debu Semen .....	25
4.2.2	Pegujian Plat Aluminium dan Plat Tembaga Jarak 1,5 cm dengan Menggunakan Debu Semen .....	26

4.2.3 Pengujian Plat Aluminium dan Plat Tembaga Jarak 1,8 cm dengan Menggunakan Debu Semen .....	27
4.2.4 Pengujian Plat Aluminium dan Plat Tembaga Jarak 1 cm dengan Menggunakan Debu Batu Bara .....	28
4.2.5 Pengujian Plat Aluminium dan Plat Tembaga jarak 1,5 cm dengan Menggunakan Debu Batu Bara .....	29
4.2.6 Pengujian Plat Aluminium dan Plat Tembaga Jarak 1,8 cm dengan Menggunakan Debu Batu Bara .....	30
4.2.7 Pengujian Plat Aluminium dan Plat Tembaga Jarak 1 cm dengan Menggunakan Debu Tanah .....	31
4.2.8 Pengujian Plat Aluminium dan Plat Tembaga Jarak 1,5 cm dengan Menggunakan Debu Tanah .....	32
4.2.9 Pengujian Plat Aluminium dan Plat Tembaga Jarak 1,8 cm dengan Menggunakan Debu Tanah .....	33
4.3 Grafik .....	34
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>43</b>
5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran .....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>46</b>



## DAFTAR GAMBAR

	hlm.
Gambar 2.1 Rangkaian pembangkit tegangan tinggi searah (DC).....	6
Gambar 2.2 Diagram dasar suatu penyearah satu fasa.....	7
Gambar 2.3 Bentuk dari arus dan tegangan fasa tunggal dari suatu penyearah satu tingkat.....	8
Gambar 2.4 Blok diagram sumber tegangan tinggi DC.....	9
Gambar 2.5 Komponen penyusun <i>electrostatic precipitator</i> .....	11
Gambar 2.6 Skema penempatan ESP pada PLTU .....	12
Gambar 3.1 Desain alat terdahulu.....	22
Gambar 3.2 Desain terencana.....	22
Gambar 3.3 Diagram alir prosedur penelitian.....	23
Gambar 4.1 Hasil rancangan modifikasi filter pengendap debu dengan variasi jarak .....	24

## DAFTAR TABEL

hlm

4.2.1 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1 cm dengan menggunakan debu semen .....	25
4.2.2 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,5 cm dengan menggunakan debu semen .....	26
4.2.3 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,8 cm dengan menggunakan debu semen .....	27
4.2.4 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1 cm dengan menggunakan debu batu bara .....	28
4.2.5 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,5 cm dengan menggunakan debu batu bara .....	29
4.2.6 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,8 cm dengan menggunakan debu batu bara .....	30
4.2.7 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1 cm dengan menggunakan debu tanah.....	31
4.2.8 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,5 cm dengan menggunakan debu tanah .....	32
4.2.9 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,5 cm dengan menggunakan debu tanah .....	33

## DAFTAR SIMBOL

SIMBOL	KETERANGAN
$\Omega$	Omega
$^{\circ}$	Derajat
$\alpha$	Alpha
%	Persen
-	kurang
+	tambah



## DAFTAR LAMPIRAN

Proses perakitan alat pengendap debu .....	46
Proses pengambilan data.....	47



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Muh. YusrilHamma

Nim : 342 15 007

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul "**Modifikasi Purwarupa (Prototype) Filter Pengendap Debu Bervariasi dengan menggunakan Tegangan Tinggi DC**" merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 7 September 2018



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Meisi Ayu Risda

Nim : 342 15 014

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul "**Modifikasi Purwarupa (Prototipe) Filter Pengendap Debu Bervariasi dengan menggunakan Tegangan Tinggi DC**" merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 7 September 2018



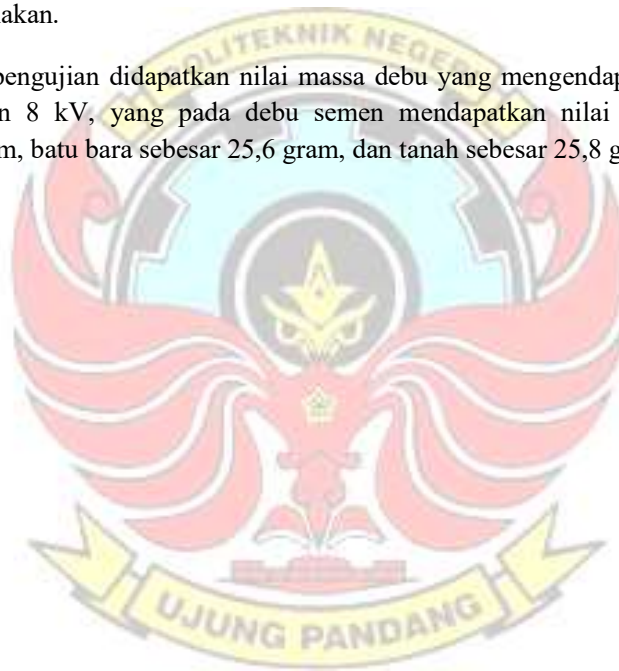
## RINGKASAN

Kebutuhan yang sangat mendesak bagi manusia saat ini adalah tersedianya udara bersih karena udara bersih adalah Penting untuk kesehatan, saat ini udara bersih suatu hal yang sangat langka.

Debu dapat dianggap sebagai sebuah partikel kecil yang bermuatan listrik yang akan memiliki sifat tarik-menarik dengan partikel lain yang berbeda muatan dan akan tolak-menolak dengan partikel lain yang muatannya sejenis.

Dengan merancang sebuah alat pengendap debu elektrostatis dengan menggunakan filter tembaga dan aluminium dan mengetahui nilai massa yang mengendap pada setiap jenis debu yang digunakan.

Hasil dari pengujian didapatkan nilai massa debu yang mengendap pada plat Tembaga dengan tegangan 8 kV, yang pada debu semen mendapatkan nilai massa pengendapan sebesar 27,2 gram, batu bara sebesar 25,6 gram, dan tanah sebesar 25,8 gram.



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Debu merupakan salah satu bahan yang sering disebut sebagai partikel yang melayang di udara (*Suspended Particulate Matter / SPM*) dengan ukuran 1 mikron sampai dengan 500 mikron. Dalam udara, debu sering dijadikan salah satu indikator pencemaran udara (Syakur,dkk, 2009).Partikel debu yang berada di udara dengan waktu yang relatif lama masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernafasan sehingga membahayakan kesehatan. Oleh karena itu, sebagai manusia yang merupakan makhluk hidup yang berakal harus menjaga udara supaya tetap bersih.Kemajuan teknologi selain memberikan efek positif bagi kehidupan manusia juga menyebabkan efek negatif, salah satu contohnya adalah terjadinya pencemaran udara.

Pencemaran udara umumnya menyerang saluran pernafasan yang berdampak secara langsung ke paru-paru. Gangguan kesehatan yang paling umum dirasakan dari dampakmenghirup udara yang telah tercemar adalah Infeksi Saluran Pernafasan Atas(ISPA), Penyakit asma, bronkhitis, serta gangguan pernafasan lainnya.

Debu mempunyai sifat yang cenderung mengendap karena gaya grafitasi bumi. Jika debu diberikan muatan, mereka akan memiliki sifat listrik statik. Debu akan menolak partikel lain yang sejenis dan menarik partikel yang berlawanan jenis.



Konsep elektrostatis merupakan salah satu metode untuk mengendapkan debu. Konsep ini telah dilakukan sebelumnya oleh Muhammad Hajir dan Sabri (2017). Debu diendapkan pada tegangan tinggi dengan variasi jarak antar filter adalah 2 cm, 2,5 cm, dan 3 cm dengan menggunakan plat tembaga.

Debu yang mengendap pada filter dipengaruhi beberapa faktor yaitu pengaruh medan elektrostatis yang dihasilkan tegangan tinggi DC. Adanya gaya gravitasi bumi dan sirkulasi udara. Selama proses pengendapan debu, filter yang digunakan akan tertutup debu secara terus-menerus. Tertutupnya permukaan akan mengurangi medan listrik yang dihasilkan, karena terhalang lapisan debu. Kecilnya medan listrik akan mengakibatkan gaya yang dibutuhkan untuk menarik debu juga akan berkurang, sehingga jumlah debu yang mampu diendapkan akan semakin berkurang.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Muhammad Hajir dan Sabri (2017), semakin dekat jarak antar filter maka semakin besar pula endapan debu yang didapatkan. Berdasarkan Penelitian ini penulis berinisiatif untuk mengubah jarak antar filter dan membandingkan antara plat tembaga dengan plat aluminium yang berjarak 1 cm, 1,5 cm, dan 1,8 cm.

Adapun jenis plat yang akan digunakan yaitu plat tembaga dan aluminium sebagai filter untuk mengendapkan debu. Penelitian ini berguna untuk mengetahui massa debu yang dapat diendapkan oleh alat pengendap debu elektrostatis.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan sebelumnya, maka permasalahan penelitian dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana perbandingan antara pengendap debu dengan menggunakan plat tembaga dan plat Aluminium
- 2) Bagaimana memvariasikan jarak antar filter alat pengendap debu
- 3) Berapa nilai massa debu yang dapat diendapkan lempengan plat tembaga dan aluminium pada alat pengendap debu elektrostatis terhadap setiap variasi tegangan, variasi jenis debu yang digunakan?

## **1.3 Ruang Lingkup Kegiatan**

Pada tugas akhir ini adalah modifikasi alat pengendap debu dengan variasi jarak filter meliputi Tegangan tinggi DC yang digunakan telah tersedia di Lab Tegangan Tinggi Konversi Energi. Plat yang digunakan adalah plat tembaga dan aluminium. Alat-alat pendukung yang digunakan adalah alat ukur massa digital dan kipas angin. Untuk pengujian alat pengendap debu penulis menggunakan tiga macam debu, yakni debu batu bara, debu tanah dan debu semen.

Penulis tidak membahas secara detail masalah kegagalan isolasi dan tidak membahas kadar polutan baik pada debu yang digunakan maupun pada udara yang dihembuskan kipas angin.

## **1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan**

#### 1.4.1 Tujuan Kegiatan

Adapun tujuan yang akan dicapai berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk membandingkan pengendap debu dengan menggunakan plat tembaga dengan alumunium.
- 2) Untuk mendapatkan jarak filter yang baik untuk mengendapkan debu.
- 3) Untuk Mengetahui berapa massa debu yang dapat diendapkan lempengan plat tembaga dan plat alumunium pada alat pengendap debu elektrostatik terhadap setiap variasi tegangan, variasi jenis debu yang di gunakan.

#### 1.4.2 Manfaat Kegiatan

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat sebagai berikut:

- 1) Diharapkan alat ini dapat mengurangi polutan.
- 2) Memberikan informasi sebagai sumber referensi tambahan bagi kalangan dunia pendidikan yang ingin melakukan riset di bidang pembangkit energi pada sistem pengendapan debu elektrostatik.

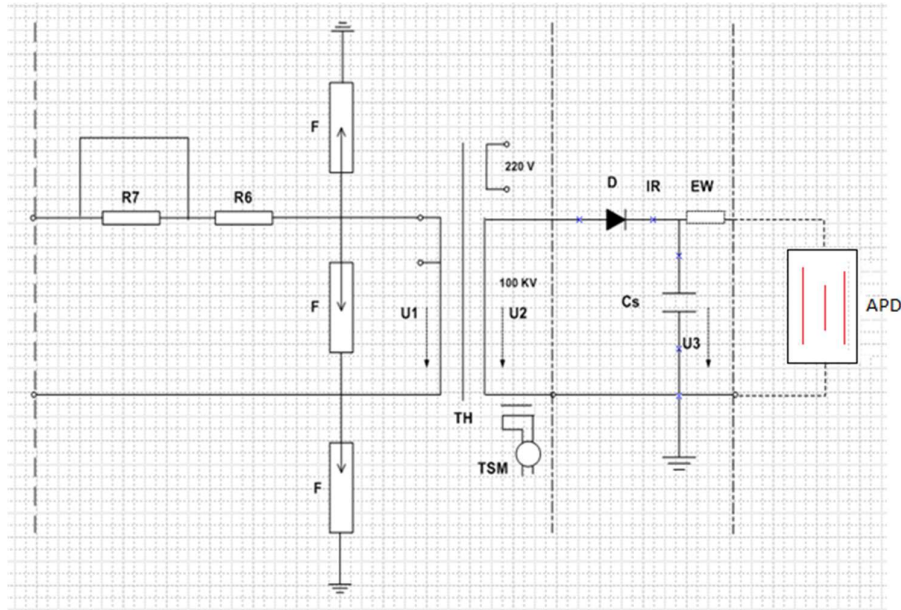
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembangkitan Tegangan Tinggi Searah (DC)

Pembangkitan tegangan tinggi searah (DC) berbeda halnya dengan tegangan tinggi AC. Pembangkitan tegangan tinggi searah (DC) menggunakan dioda untuk menyearahkan tegangan AC.

Rancangan filter menggunakan elektrostatis sebagai metode penyaringnya. Elektrostatis ini dihasilkan dari tegangan sekitar 1000 Volt sampai 8000 volt pada lempengan tembaga yang disejajarkan, yang dimana setiap lempengan disusun dengan muatan yang berbeda, sehingga terjadi tarik menarik antara dua material (Syakur, 2003).

Jarak antara lempengan plat tembaga akan divariasikan dengan jarak 1 cm, 1,5 cm dan 1,8 cm. Adapun Tegangan tinggi (DC) yang aman sehingga tidak terjadi breakdown yakni tegangan dibawah 12904,32 volt, sehingga tegangan yang akan digunakan 4000 – 8000 volt. Pada perancangan ini digunakan rangkaian *Walton Cockroft* diambil 14 tingkat dengan *Voutput* yang secara teoritis 8711,56 volt. Ini dilakukan untuk mengurangi kerugian tegangan pada dioda yang besar dan nilai toleransi kapasitansi kapasitor. Tegangan keluaran rangkaian dapat berkisar 1000 – 8000 volt. Berikut rangkaian lengkap dari pembangkit tegangan tinggi searah (DC) yang dirancang dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Rangkaian pembangkit tegangan tinggi searah (DC)  
(Nawir, 2010 )

TH : High-Voltage transformer RMS 100 kV/5 kVA.

D : High Voltage Dioda 1000 kV/20 mA .

CS : Coupling Capasitor DC 100 kV/30 nF.

EW : Grounding Resistor DC 200 kV/1 k $\Omega$ .

TMS : Transformer secondery AC Current.

R6 : Damping Resistor; AC Voltage.

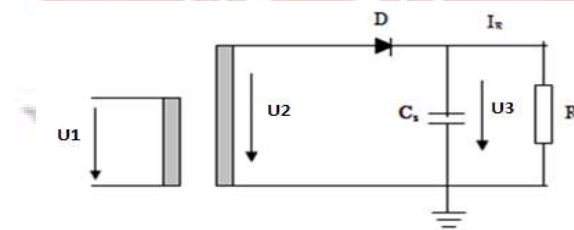
R7 : Damping Resistor; Impuls Voltage.

APD : Alat pengendap debu

- F : Arrester.
- I : Arus Total
- IR : Arus Resistif
- U1 : Tegangan AC Primer
- U2 : Tegangan ACV Sekunder
- U3 : DC Voltage ( Tegangan DC )

### 2.1.1 Rangkaian Penyearah Satu Fasa

Pada umumnya tegangan DC dicatu oleh suatu transformator tegangan tinggi yang kemudian disearahkan dengan dioda yang dipasang seri. Jenis yang paling sederhana dari pembangkit tegangan tinggi DC adalah penyearah satu fasa, seperti ditunjukkan pada gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Diagram dasar suatu penyearah satu fasa  
( Nawir, 2010)

Ket :

- U1 = Tegangan AC Primer
- U2 = Tegangan ACV Sekunder

U3 = Tegangan DC

D = Dioda

C = Kapasitansi bebas

R = Resistansi bebas

I = Arus Total

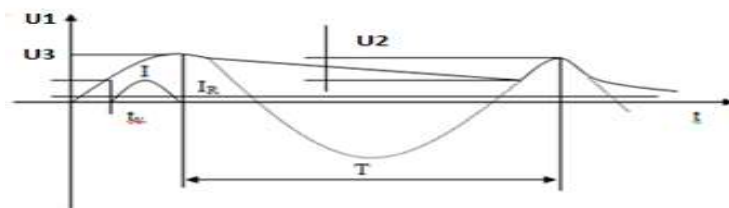
IR = Arus Resistif

Pemilihan beban merupakan tes komposisi dari komposisi suatu kapasitansi C yang terdiri dari kapasitansi penghalus penyearahan, kapasitansi pengujian obyek dan kapasitansi simpangan (*Stray Capacitances*) dari hubungan-hubungan pada tegangan tinggi. Dari suatu resistansi R yang terdiri dari resistansi pengujian obyek dan resistansi bocor dari suatu kapasitor penghalus (*Smoothing Capacitor*).

Parameter utama suatu tegangan DC, merupakan nilai rata – rata aritmatik.

$$U = \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt \dots\dots\dots(2-1)$$

Tegangan dan arus selama operasi dari penyearahan padagambar ditunjukkan olehgambar 2.3



Gambar 2.3 Bentuk dari arus dan tegangan fasa tunggal dari suatu penyearah satu tingkat.

(Nawir, 2010)

$U_2$  = Tegangan AC Sekunder.

$U_3$  = Tegangan DC.

$I$  = Arus selama fasa hubung dari penyearahan.

$I_R$  = Arus pembuang muatan (mendekati konstan selama periode).

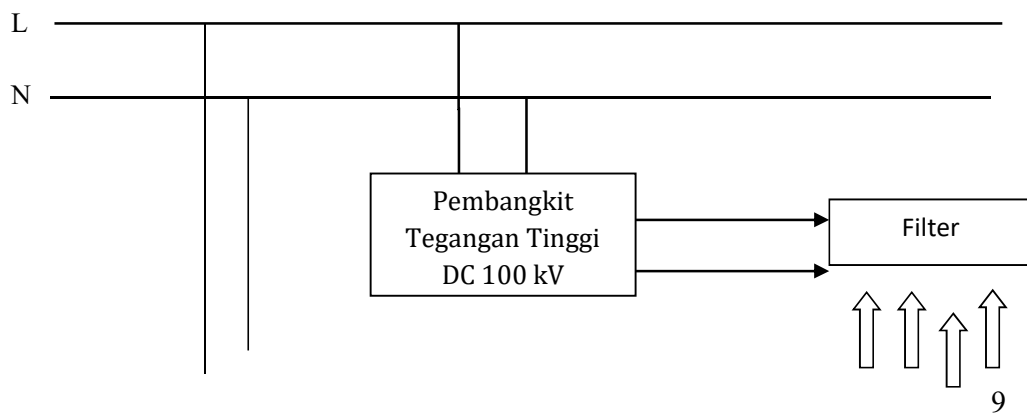
$T$  = Periode proses sebagai fungsi dari frekwensi catu.

$T_V$  = Periode selama fasa hubung (*conduction phasa*).

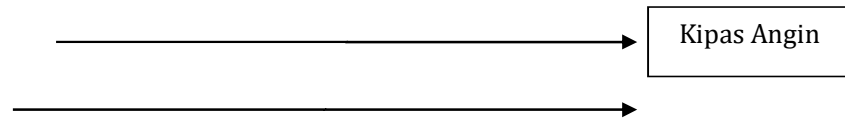
### 2.1.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan alat pembersih udara secara elektrostatik ini terdiri dari sumber tegangan AC (tegangan jala-jala PLN), sumber tegangan searah DC 100 kV. Blok diagramnya ditunjukkan pada gambar 2.4 dibawah ini.

#### Sumber Tegangan 1 Fase







Gambar 2.4 Blok diagram sumber tegangan tinggi DC  
(Hajir dan Sabri, 2017)

## 2.2 Muatan Dalam Medan Listrik Uniform

Medan listrik uniform ini dapat dihasilkan dengan dihubungkannya terminal sumber tegangan listrik searah (DC) pada lempengan tembaga yang sejajar. Jika jarak antara plat tembaga tersebut adalah kecil dibandingkan dengan dimensi plat tembaga, maka medan diantara plat tembaga tersebut akan kira-kira uniform kecuali di dekat tepi plat. Jika sebuah partikel bermuatan dilewatkan pada medan listrik tersebut maka medan listrik tersebut akan mengerahkan gaya pada partikel yang arah gayanya mengikuti dioda bahwa muatan sejenis tolak menolak dan muatan tak sejenis tarik-menarik (Nurlailati, 2011)

## 2.3 Medan Elektrostatik

**Medan elektrostatik** terjadi ketika dua benda masing-masing memiliki muatan listrik yang berbeda. Sebuah benda disebut bermuatan negatif ( - ) jika memiliki kelebihan elektron relatif terhadap lingkungannya . Sebuah benda disebut bermuatan positif ( + ) jika kekurangan elektron relative terhadap lingkungannya.

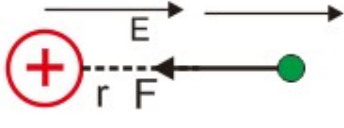
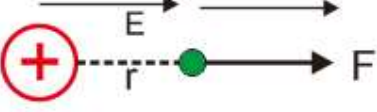
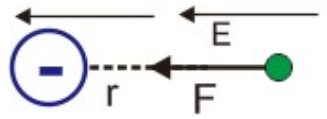
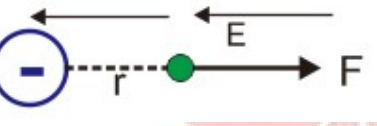
Medan elektrostatik memiliki beberapa kesamaan dengan medan magnet . Kedua benda akan saling tarik menarik jika memiliki muatan yang berbeda jenis (misal – dengan +). Kedua benda akan saling tolak menolak jika memiliki muatan yang sejenis. Garis-garis fluks elektrostatik di sekitar sepasang benda digambarkan mirip dengan garis fluks magnetik antara dan di sekitar sepasang kutub magnet yang berlawanan. Dalam sudut yang lain, medan elektrostatik dan magnetik berbeda, dimana medan elektrostatik tidak dapat melalui benda-benda logam , sedangkan medan magnet dapat melewati sebagian besar logam . Medan elektrostatik timbul dari perbedaan potensial atau gradien tegangan , dan bisa ada ketika pembawa arus , seperti elektron , adalah stasioner/ diam (“statis ” dalam ” elektrostatik ” ). Sedangkan medan magnet timbul dari gerakan pembawa muatan , yaitu dari aliran arus.

### 2.3 Medan Listrik

Medan listrik didefinisikan sebagai gaya listrik persatuan muatan. Medan listrik digambarkan dengan garis-garis listrik yang arahnya keluar (menjauhi) muatan positif dan masuk (mendekati) muatan negatif. efek yang ditimbulkan oleh keberadaan muatan listrik, seperti elektron, ion, atau proton, dalam ruangan yang ada di sekitarnya. Medan listrik memiliki satuan  $N/C$  atau dibaca Newton/coulomb. Medan listrik umumnya dipelajari dalam bidang fisika dan bidang-bidang terkait, dan secara tak langsung juga di bidang elektronika yang telah memanfaatkan medan listrik ini dalam kawat konduktor (kabel).

Rumus matematika untuk medan listrik dapat diturunkan melalui Hukum Coulomb, yaitu gaya antara dua titik muatan Arah kuat medan listrik yang dialami oleh muatan uji bergantung pada jenis muatan uji dan muatan sumber. Jika positi dan negatif maka akan

tarik menarik tapi jika jenis muatannya sama kan tolak menolak. Berikut ilustrasi lengkapnya

	<p>Q = bermuatan positif q = bermuatan negatif</p>
	<p>Q = bermuatan positif q = bermuatan positif</p>
	<p>Q = bermuatan negatif q = bermuatan positif</p>
	<p>Q = bermuatan negatif q = bermuatan negatif</p>

Jika diketahui rumus gaya coulomb antara muatan sumber Q dengan muatan uji q adalah

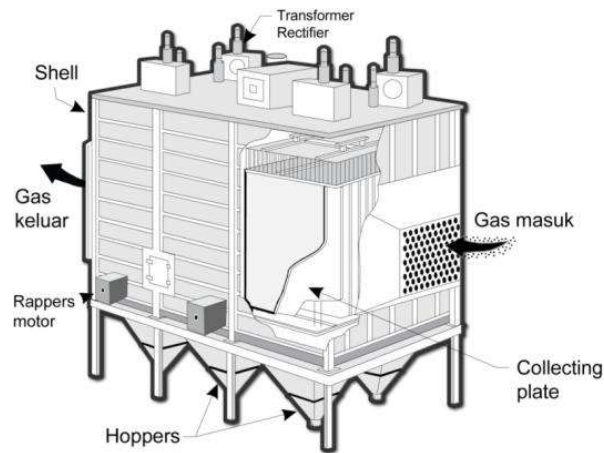
$$F = k \frac{Q \cdot q}{r^2}$$

## 2.4 Filter Pengendap Debu

Filter akan digunakan untuk mengendapkan debu, berupa lempengan plat tembaga yang di susun sejajar dan dihubungkan dengan tegangan tinggi (DC) dengan polaritas tegangan saling berkebalikan. Lempengan tembaga ini disusun sejajar satu sama lain. Plat tembaga yang digunakan memiliki panjang 386 mm dan lebar 272 mm dan diberi 4 lubang disetiap plat yang berdiameter 12 mm. Lempengan tembaga ini dihubungkan dengan pembangkit tegangan tinggi DC dengan polaritas saling berkebalikan. Pemilihan lempengan plat tembaga ini dilakukan dengan alasan tidak cepat panas, daya hantar listrik yang baik dan tahan terhadap korosi *atmospheric* bahkan jenis korosi yang lainnya.

## 2.5 Pengaplikasian Pengendap Debu

Pengendap debu ini sangat dibutuhkan untuk mendapatkan udara bersih, Pengendap debu sangat diperlukan pada industri untuk mengurangi tingkat pencemaran udara. Contohnya saja pada pabrik semen, nikel, PLTU, dan pabrik gula. Pabrik ini menggunakan pengendap debu untuk mengurangi tingkat pencemaran udara. Adapun pengendap debu yang digunakan ialah *Electrostatic Precipitator*.

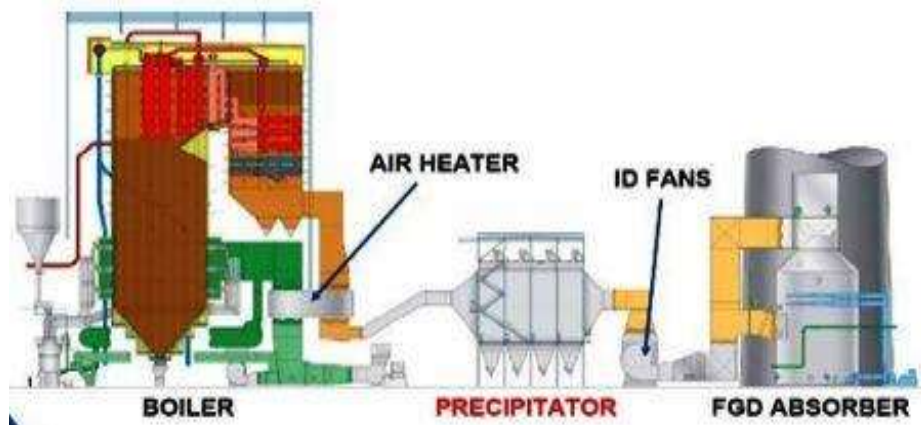


Gambar 2.5 Komponen penyusun *electrostatic precipitator*

(Wibowo dkk, 2018)

Prinsip kerja *Electrostatic precipitator* adalah perpaduan dari medan elektrostatis dan aliran ion yang dihasilkan oleh *corona discharge*. Cara kerja dari *electrostatic precipitator (ESP)* ini adalah polutan di udara termasuk debu dilewatkan melalui kamar yang berisi elektroda, yang terbuat dari tembaga, kuningan ataupun alumunium. Elektroda-elektroda ini diberi arus listrik arus searah dengan muatan negatif. Dengan demikian, setiap butiran debu akan termuati oleh muatan negatif dengan tegangan tinggi sebelum masuk ke dalam cerobong.

Gas yang mengandung butiran debu bermuatan negatif ini bergerak dalam daerah yang terdiri dari plat-plat yang diketanahkan. Dengan demikian, debu-debu akan tertarik pada plat-plat tersebut. Gas bersih kemudian bergerak ke cerobong asap, sedangkan debu yang dikumpulkan di *collecting electrode* dipindahkan ke bak penampung (*dusthopper*) melalui suatu getaran (*rapping*).



Gambar 2.6 Skema penempatan ESP pada PLTU

(Miftahul Huda, 2017)

Salah satu komponen terpenting pada PLTU adalah boiler. Fungsinya adalah sebagai tempat untuk memanaskan air, sehingga menghasilkan uap yang nantinya akan digunakan untuk proses selanjutnya. Pada PLTU, uap ini digunakan untuk memutar turbin uap sebagai penggerak generator. Untuk melakukan kerjanya, boiler membutuhkan adanya panas yang digunakan untuk memanaskan air.

Panas ini disuplai dari bagian yang disebut dengan ruang bakar atau *furnace*, dimana pada ruang bakar ini dilengkapi dengan alat pembakaran atau *burner*. Hasil pembakaran di ruang bakar tersebut mengandung banyak debu mengingat bahan bakar yang digunakan adalah batubara, dan debu tersebut akan terbawa bersama gas buang menuju cerobong. Sebelum gas buang tersebut keluar melalui cerobong, maka gas buang tersebut akan melewati kisi-kisi suatu *electrostatic precipitator* (ESP).

## **2.6 Daya hantar Listrik Plat Tembaga dan Aluminium**

### **2.6.1 Daya hantar listrik plat tembaga**

Tembaga juga merupakan bahan tambang, maka di dalam tembaga tercampur beberapa unsur lain setelah melewati proses pemurnian Tembaga mempunyai daya hantar listrik yang tinggi yaitu  $57\Omega$ . Pemakaian tembaga pada teknik listrik adalah sebagai penghantar. contohnya kabel NYA, NYAF serta masih banyak yang lainnya.

Tembaga mempunyai ketahanan terhadap korosi, karena tembaga merupakan bahan tambang maka tercampur unsur lain. setelah melalui proses pemurnian didapatkan tembaga. Tembaga termasuk bahan yang tidak mengandung besi dan sangat penting. Tembaga memiliki sifat-sifat yang sangat berharga dalam segi fisis, mekanis, dan kelistrikan. sifat fisis tembaga dapat melebihi tahan pada suhu yang sangat tinggi dan udara lembab dari pada baja. titik cair  $10830\text{ C}$  dan titik didinya mencapai  $2595^{\circ}\text{C}$ . Sifat mekanis tembaga termasuk salah satu logam murni yang kuat. bahan agak keras tetapi sangat kenyal, kekal dan dapat renggang.

Karena memiliki sifat-sifat tersebut maka tembaga sangat luas pemakaiannya, meliputi pekerjaan tarik pada pembuatan kawat, pekerjaan press untuk kebutuhan dan peralatan listrik, misalnya kap-kap pelindung kumparan yang dipakai dalam teknik radio. Pengepresan dapat dikerjakan sampai tipis karena lilitanya. Macam-macam pekerjaan teknik pembuatan pipa, batang, lembaran, dan sebagainya. Pekerjaan tarik dapat dilakukan secara dingin tetapi lama kelamaan bahan akan menjadi keras dengan dipijarkan lagi tembaga akan menjadi lunak kembali.

Tembaga memiliki ketahanan yang tinggi terhadap karat, oksidasi, mudah dipatri maupun dilas, sehingga sangat menguntungkan bagi pemakaian dalam teknik

listrik yang banyak membutuhkan pekerjaan tersebut, Sifat listriknya tidak diragukan lagi dalam pemakaiannya. justru termasuk bahan yang memiliki daya hantar baik.

### **2.6.2 Daya hantar listrik plat aluminium**

Aluminium ialah unsur kimia, lambing aluminium ialah Al, dan nomor atomnya 13. Aluminium ialah logam paling berlimpah. Aluminium merupakan konduktor listrik yang baik, terang dan kuat, merupakan konduktor yang baik juga buat panas dapat ditempa menjadi lembaran atau ditarik menjadi kawat. tahan korosi. Aluminium digunakan dalam banyak hal. Kebanyakan darinya digunakan dalam kabel bertegangan tinggi. Ditemukan di rumah sebagai panci, botol minuman ringan, tutup botol susu dsb. Aluminium juga digunakan untuk melapisi lampu mobil dan compact disks.

Aluminium murni mempunyai massa jenis  $2,7 \text{ g/cm}^3$ ,  $\alpha = 1,4 \cdot 10^5$ , titik leleh  $658^\circ \text{ c}$  dan titik korosif daya hantar aluminium sebesar  $35 \text{ ohm. mm}^2$  atau kira-kira 61,4% daya hantar tembaga aluminium murni mudah dibentuk karena lunak, kekuatan tariknya hanya  $9 \text{ kg/ mm}^2$ . Untuk itu jika aluminium digunakan sebagai penghantar yang dimensinya cukup besar, selalu diperkuat dengan baja atau paduan aluminium.

Aluminium logam yang lembut dan ringan, dengan bentuk keperakan pudar, oleh kerana kehadiran lapisan pengoksidaan yang nipis yang terbentuk apabila didedahkan kepada udara. Aluminium adalah tak bertoksik (dalam bentuk logam), tak bermagnet, dan tidak menghasilkan cucuh. Aluminium tulen mempunyai kekuatan tegangan sebanyak 49 megapascal (MPa) dan 700 Mpa.



Sama ada dikira dari segi kuantiti atau nilai, penggunaan aluminium mengatasi kesemua logam kecualibesi, dan ia amatlah penting dalam hampir semua bahagian dalam ekonomi dunia.

Aluminium tulen mempunyai kekuatan tegangan yang rendah, tetapi sedia untuk membentuk aloi bersama dengan banyak unsur seperti tembaga, zink, magnesium, mangan dan silikon .Pada masa kini, hampir semua bahan yang dianggap aluminium adalah sebenarnya sejenis aloi aluminium. Aluminium tulen hanya ditemui apabila daya tahan kakisan adalah lebih penting daripada kekuatan atau kekerasan. Sedemikian juga, istilah "aloi" dalam penggunaan umum masa kini biasanya membawa maksud aloi aluminium.

Apabila digabung secara proses termomekanikal, aloi aluminium menunjukkan peningkatan memberangsangkan dari segi sifat mekanikal. Aloi aluminium membentuk komponen penting dalam pesawat udara oleh sebab nisbah kekuatan kepada beratnya. Apabila aluminium menguwap dalam vakum (hampagas) ia membentuk sejenis salutan yang memantul kedua-dua cahaya tampak dan inframerah. Salutan ini membentuk satu lapisan pelindung yang nipis iaitu aluminium oksida yang tidak merosot seperti apa yang terjadi pada salutan perak Lebih terperinci, hampir semua cermin masa kini diperbuat

daripada salutan pemantul nipis aluminium yang diletakkan di belakang permukaan sekeping kaca apung. Cermin teleskop juga disaluti satu lapisan nipis aluminium, tetapi disalut pada bahagian hadapan untuk mengelakkan pantulan dalaman, sungguhpun tindakan sedemikian akan menyebabkan permukaan lebih mudah terdedah kepada kerosakan

Banyak peralatan listrik yang di buat dari almunium.sekarang kabel juga di buat dari logam ini.almunium sangat ringan,hampir seperempat berat tembaga,warnanya putih keperak-perakan,titik cair mencapai 657oC dan titik didinya kira-kira 1800oC.untuk penghantar kemurnian almunium tercapai 99,5%.setengah persen yang lain terdiri dari unsur besi,silikon,tembaga,aluminium bekas yang di cairkan kembali biasanya mengandung juga seng.

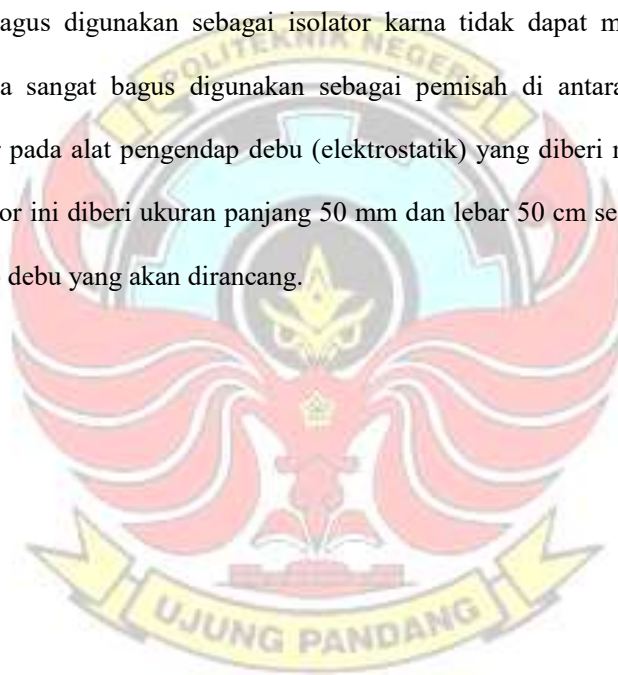
Aluminium mudah di tarik,ditempat dan di gulung.karena bahan ini lunak maka pekerjaannya hendaklah menggunakan alat yang tajam.(misalnya pahat dan pisau pemotong) lebih –lebih dalam pembuatan alur-alur.kekuatan almunium murni masih jauh di bawa tembaga.untuk peningkatan dibuatlah logam campuran.

Campuran tersebut biasa dengan magnesium ,silikon atau besi.dayahantar panas dan listriknya kira-kira 60%-nya tembaga.ini cukup tinggi untuk hantaran tenaga listrik.untuk mendapatkan tahanan yang sama dengan tembaga yang sama panjangnya di butuhkan penampang  $\pm$  65% lebih besar.tetapi dalam keadaan demikian beratnya masih lebih ringan  $\pm$  setengah berat tembaga.jika harga tiap kilogramnya sama ,berarti penggunaan almunium lebih murah.atau harganya hanya  $\pm$  setengah harga tembaga.karena almunium lunak tidak cukup kuat dipakai hantaran di atas tanah,maka perlu di tambahkan kawat baja sebagai pendukungnya.untuk di jadikan hantaran tegangan tinggi di atas tanah,kawat aluminium di lilit bersama dengan kawat baja.untuk kabel berserat,misalnya kabel tanah, tetap digunakan bahan tembaga. sebab dayahantar yang sama kira-kira diperlukan penampang almunium yang hampir dua kali lipat penampang tembaga.

## **2.7 Isolator**

Isolator adalah pemisah antara connecting plat. Isolasi ini berguna sebagai suatu penyekat antara dua buah penghantar yang berbeda tegangan, di mana didalam bahan ini elektron terikat kuat pada atom nukleusnya, sehingga konduksi oleh elektron tidak akan terjadi. Isolator listrik merupakan suatu alat penting yang digunakan pada jaringan listrik (Indiani, 2010).

Adapun bahan isolator yang akan dipasang pada alat pengendap debu (elektrostatik) tersebut adalah keramik yang berfungsi sebagai isolator, keramik merupakan suatu bahan yang sangat bagus digunakan sebagai isolator karna tidak dapat menghantarkan arus listrik sehingga sangat bagus digunakan sebagai pemisah di antara kedua plat yang disusun sejajar pada alat pengendap debu (elektrostatik) yang diberi muatan listrik yang berbeda. Isolator ini diberi ukuran panjang 50 mm dan lebar 50 cm sesuai ukuran rangka alat pengendap debu yang akan dirancang.



## **BAB III**

### **METODE KEGIATAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan**

Lokasi pengambilan data pada Kegiatan ini adalah di Laboratorium Tegangan Tinggi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Penelitian ini akan dimulai pada bulan Mei -Agustus 2018.

#### **3.2 Teknik Pengumpulan Data**

pengumpulan data yang dilakukan sebagai berikut:

- 1) observasi yaitu pengumpulan data dengan mengadakan penelitian secara langsung di Laboratorium Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- 2) Literatur yaitu mengumpulkan data dari buku-buku referensi dan jurnal yang relevan dengan objek permasalahan

#### **3.3 Alat dan Bahan**

Berikut material penelitian yang diperlukan dalam pembuatan dan pengujian alat pengendap debu :

##### **3.3.1 Peralatan Aplikasi Tegangan Tinggi DC**

- 1) Transformator tegangan tinggi RMS 100 kV ,5 kVA
- 2) Pembagi tegangan RMS 100 kV ,500 Pf
- 3) Bagian sekunder tegangan DC

- 4) Kontak pengontrolan
- 5) Transformator sekunder arus DC
- 6) Objek pengetesan (Filter)

#### 3.3.2 Peralatan Ukur yang digunakan

- 1) Jam
- 2) Alat ukur massa (Gram)

#### 3.3.3 Peralatan Bantu

- 1) Kipas Angin
- 2) Kunci Inggris

#### 3.3.4 Material Pengendap Debu (Filter)

- 1) Besi siku 3 × 3 cm
- 2) Plat tembaga
- 3) Plat aluminium
- 4) Baut
- 5) Baut penghubung ke tegangan
- 6) Isolator (keramik)



#### 3.4 Prosedur Pembuatan Alat Pengendap Debu

- 1) Suplai AC 1 Fasa. berasal dari jala-jala PLN dengan tegangan 220/380 Volt dan frekuensi 50 Hz.

- 2) Pembangkit Tegangan Tinggi DC 4000–8000 Volt berfungsi sebagai alat sumber tegangan DC dengan menentukan jarak antara dua plat tembaga yang diberi muatan berbeda.
- 3) Perangkat Keras, berfungsi sebagai alat sumber utama listrik yang digunakan dan di pasang di alat pengendap debu. Untuk menghasilkan daya magnetik.
- 4) Box filter yang terdiri dari susunan plat tembaga yang berbeda muatan sebagai alat penarik debu (pengendap).
- 5) Kipas angin eksternal. Berfungsi sebagai alat pengarah debu masuk ke filter pengendap debu.
- 6) Box penyimpanan debu berfungsi sebagai alat penopang debu agar dapat dihitung massanya untuk pengambilan data.
- 7) Alat ukur massa, berfungsi sebagai alat untuk mengetahui berapa massa debu yang diendapkan filter dari plat tembaga oleh pengendap debu.

### **3.5 Langkah-Langkah Pengujian Alat Pengendap Debu**

#### **3.5.1 Pengambilan Data dengan Model Filter Vertikal**

##### **3.5.1.1 Jarak Filter 1cm**

- 1) Mengatur filter dengan jarak 1 cm.
- 2) Menyiapkan bahan uji yaitu debu batu bara.
- 3) Menimbang massa debu batu bara sebanyak 100 gram sebelum diendapkan pada alat pengendap debu elektrostatik.

- 4) Merangkai alat pengendap debu elektrostatis sesuai dengan gambar.
- 5) Menyalakan saklar utama tegangan pada alat pengendap debu elektrostatis.
- 6) Menyemburkan debu batu bara pada alat pengendap debu elektrostatis dengan mengarahkan bantuan kipas angin.
- 7) Mematikan saklar utama yang terhubung dengan alat pengendap debu elektrostatis.
- 8) Memastikan *connecting* plat pada filter pengendap debu elektrostatis.
- 9) Mengambil sampel debu batu bara yang telah diendapkan oleh filter pengendap debu elektrostatis.
- 10) Menimbang massa debu batu bara yang terendap dan mencatat ke dalam tabel pengamatan.
- 11) Mengulangi langkah pada percobaan 2 sampai 9 sebanyak 8 kali.
- 12) Mengulangi langkah pada percobaan 2 sampai 10 dengan mengganti bahan uji dengan debu semen setelah itu pengujian selanjutnya mengganti bahan uji dengan debu tanah.
- 13) Percobaan selesai.

#### 3.5.1.2. Jarak Filter 1.5 cm

- 1) Menyetel filter dengan jarak 1.5 cm.
- 2) Menyiapkan bahan uji yaitu debu batu bara.
- 3) Menimbang massa debu batu bara sebanyak 100 gram sebelum diendapkan pada alat elektrostatis.
- 4) Merangkai alat pengendap debu elektrostatis sesuai dengan gambar.



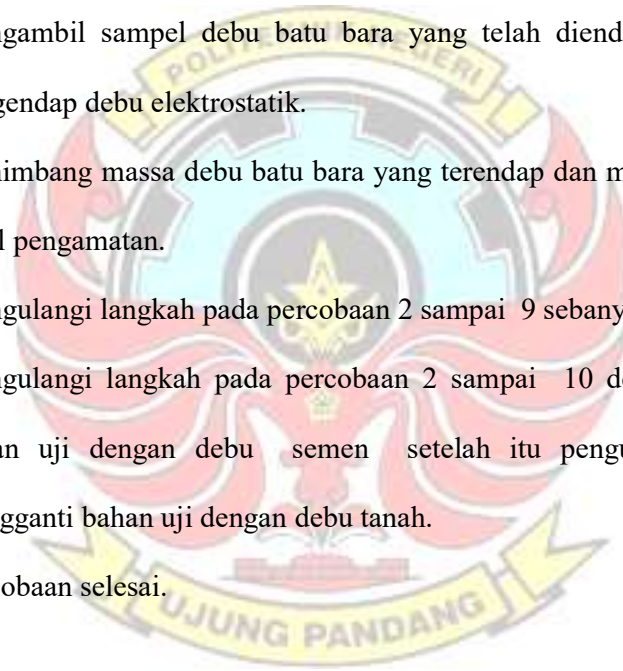
- 5) Menyalakan saklar utama tegangan pada alat pengendap debu elektrostatik.
- 6) Menyemburkan debu batu bara pada alat pengendap debu elektrostatik dengan mengarahkan bantuan kipas angin.
- 7) Mematikan saklar utama yang terhubung dengan alat pengendap debu elektrostatik.
- 8) Mentanahkan *connecting* plat pada filter pengendap debu electrostatik.
- 9) Mengambil sampel debu batu bara yang telah diendapkan oleh filter pengendap debu elektrostatik.
- 10) Menimbang massa debu batu bara yang terendap dan mencatat ke dalam tabel pengamatan.
- 11) Mengulangi langkah pada percobaan 2 sampai 9 sebanyak 8 kali.
- 12) Mengulangi langkah pada percobaan 2 sampai 10 dengan mengganti bahan uji dengan debu semen setelah itu pengujian selanjutnya mengganti bahan uji dengan debu tanah.
- 13) Percobaan selesai.

#### 3.5.1.3. Jarak Filter 1,8 cm

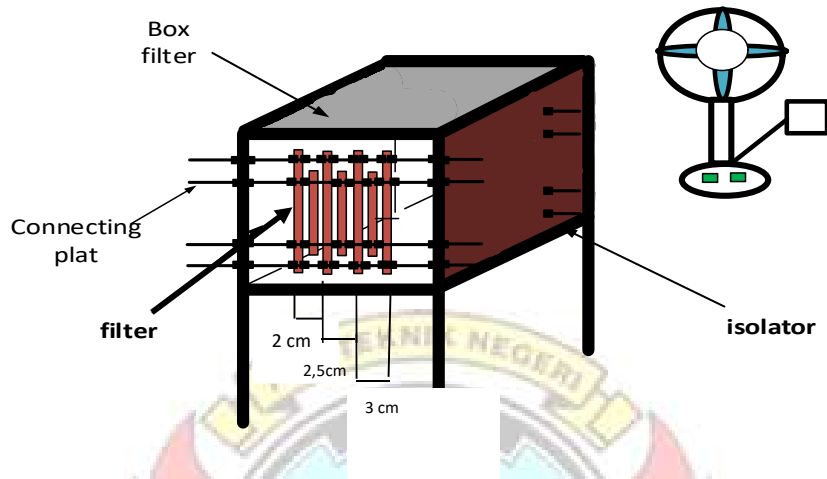
- 1) Menyetel filter dengan jarak 1,8 cm.
- 2) Menyiapkan bahan uji yaitu debu batu bara.
- 3) Menimbang massa debu batu bara sebanyak 100 gram sebelum diendapkan pada alat elektrostatik.
- 4) Merangkai alat pegendap debu elektrostatik sesuai dengan gambar.



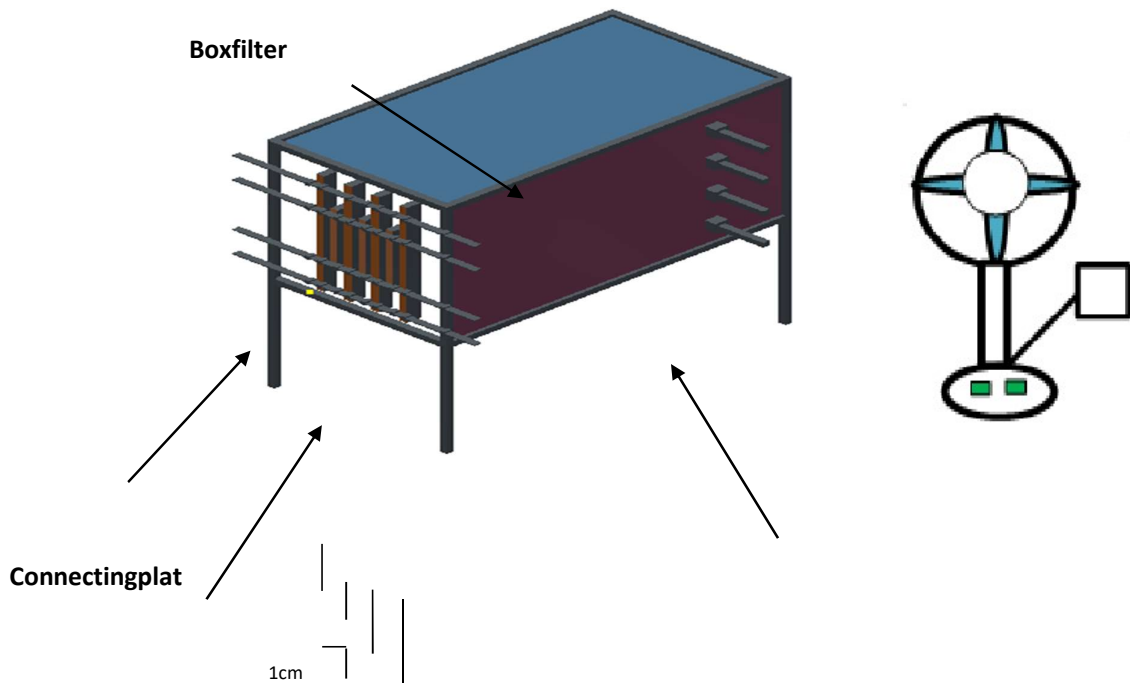
- 5) Menyalakan saklar utama tegangan pada alat pengendap debu elektrostatik.
- 6) Menyemburkan debu batu bara pada alat pengendap debu elektrostatik dengan mengarahkan bantuan kipas angin.
- 7) Mematikan saklar utama yang terhubung dengan alat pengendap debu elektrostatik.
- 8) Mentanahkan *conecting* plat pada filter pengendap debu electrostatik.
- 9) Mengambil sampel debu batu bara yang telah diendapkan oleh filter pengendap debu elektrostatik.
- 10) Menimbang massa debu batu bara yang terendap dan mencatat ke dalam tabel pengamatan.
- 11) Mengulangi langkah pada percobaan 2 sampai 9 sebanyak 8 kali.
- 12) Mengulangi langkah pada percobaan 2 sampai 10 dengan mengganti bahan uji dengan debu semen setelah itu pengujian selanjutnya mengganti bahan uji dengan debu tanah.
- 13) Percobaan selesai.



### 3.6 Alat Yang Akan digunakan



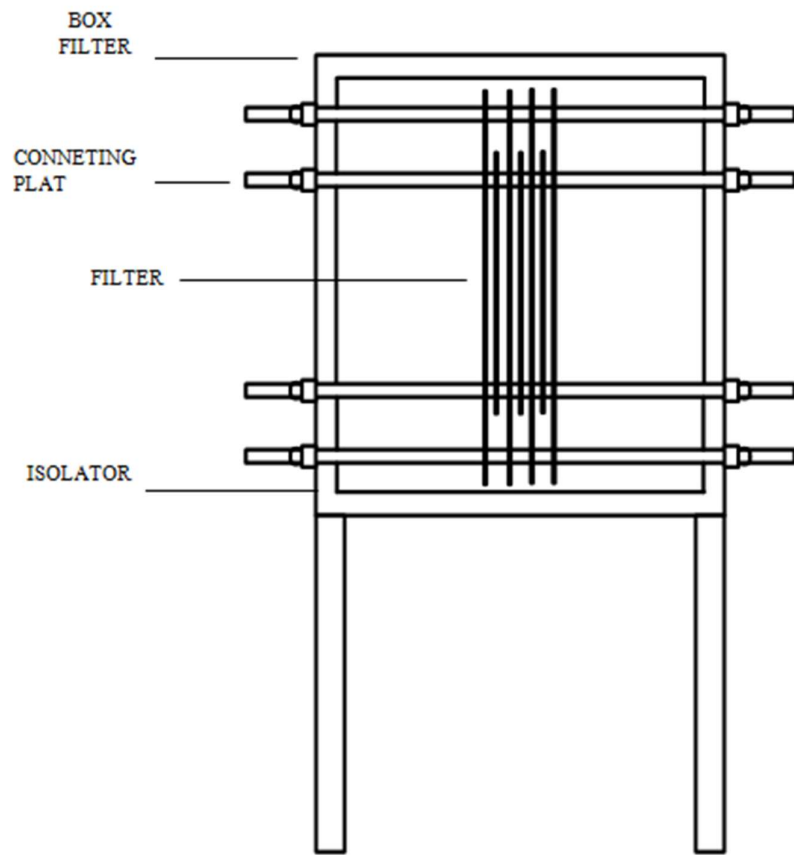
Gambar 3.1 Desain gambar terdahulu pengendap debu elektrostatis dengan model filter vertikal



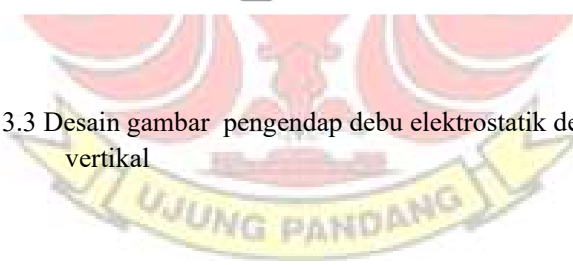


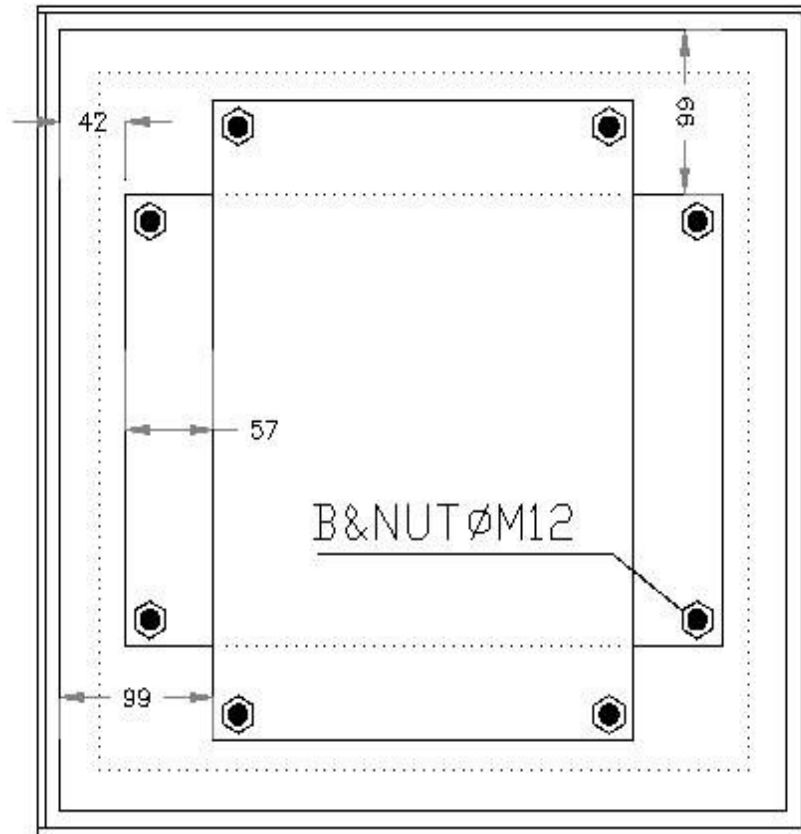
Gambar 3.2 Desain gambar pengendap debu elektrostatis dengan model filter vertikal





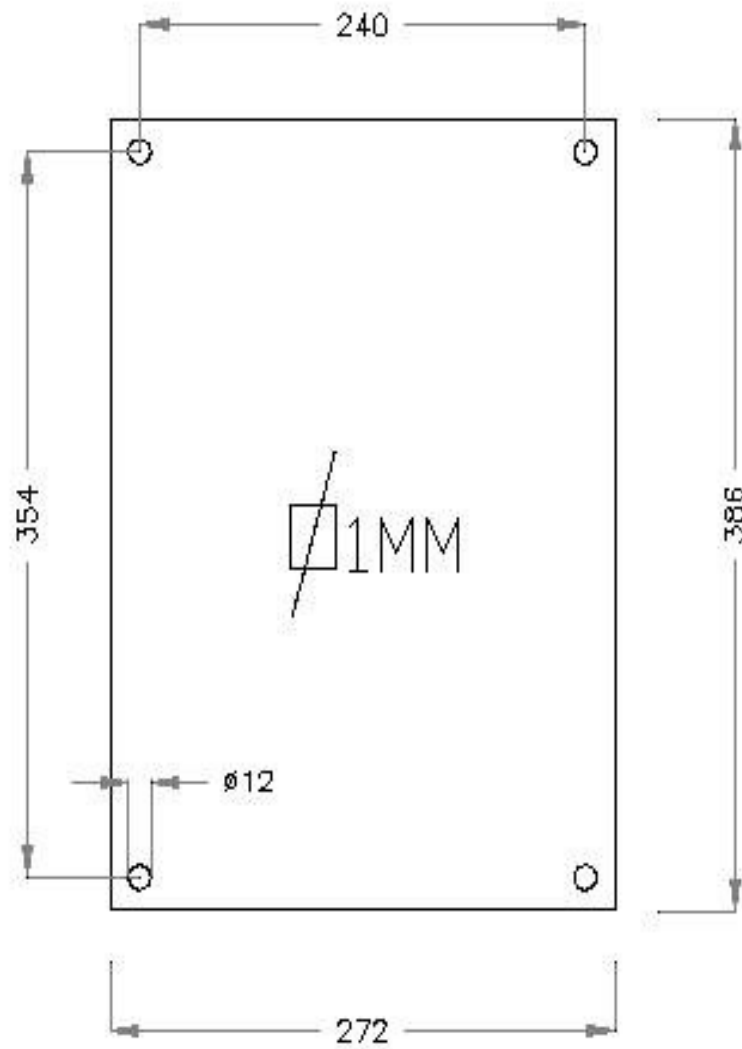
Gambar 3.3 Desain gambar pengendap debu elektrostatis dengan model filter vertikal





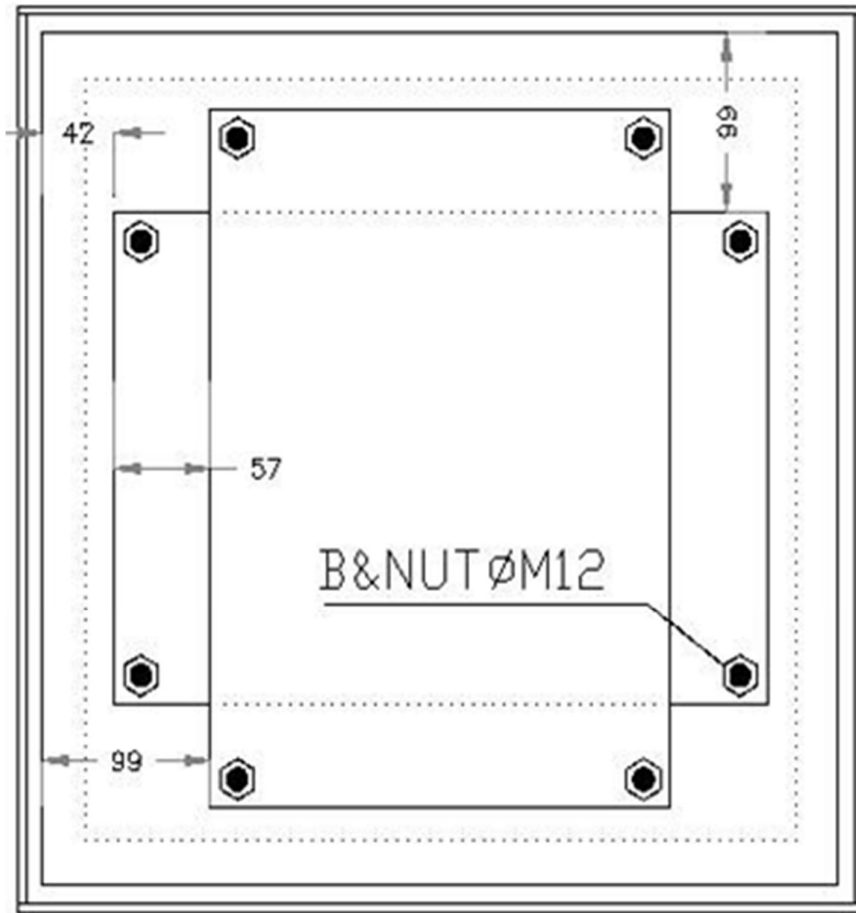
TAMPAK ATAS

Gambar 3.4 Desain Gambar Filter pengendap debu Tampak atas



## CONNECTING PLATE

Gambar 3.5 Desain Gambar Connecting Filter



Gambar 3.6 Desain Gambar Filter pengendap debu Tampak Bawah

### 3.7 Diagram Alir Prosedur Penelitian



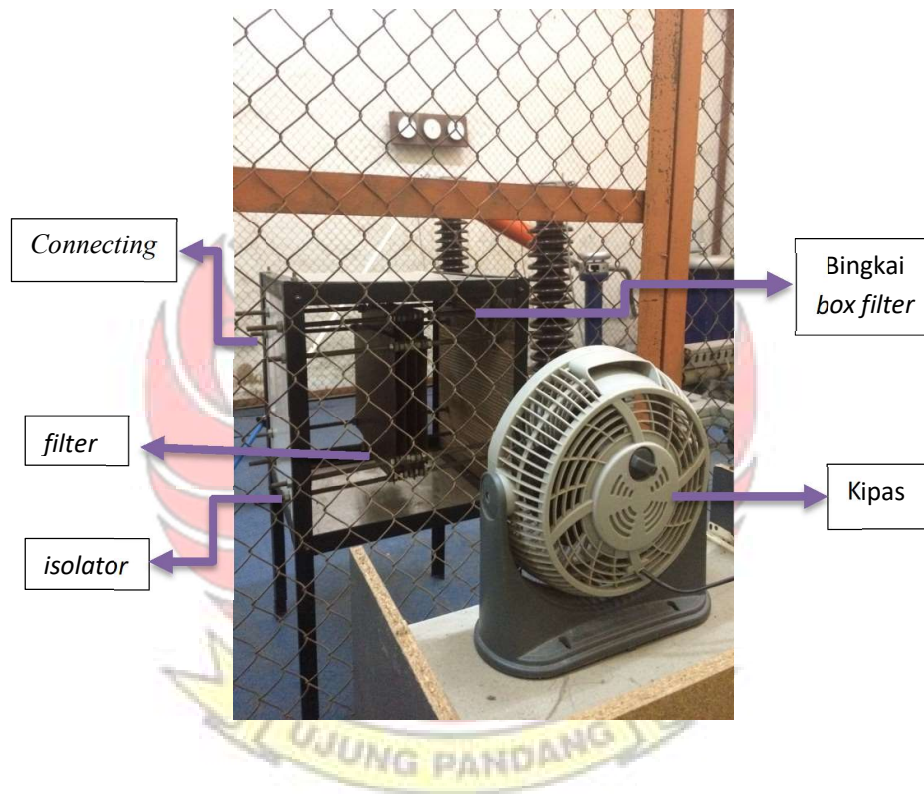
Gambar 3.7 Diagram alir prosedur penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Rancangan Modifikasi Filter Pengendap Debu dengan variasi jarak 1 cm, 1,5 cm, dan 1,8 cm dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Hasil rancangan modifikasi filter pengendap debu dengan variasi jarak

## 4.2 Tabel Hasil Pengujian

### 4.2.1 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1 cm dengan menggunakan debu semen

Tabel 4.1 Pengujian dengan menggunakan plat aluminium

Menggunakan Plat Aluminium					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1	100	16,1
2	1	16	1	100	16,8
3	2	24	1	100	17
4	3	32	1	100	17,9
5	4	40	1	100	18,3
6	5	48	1	100	18,8
7	6	56	1	100	20,2
8	7	64	1	100	22,1
9	8	72	1	100	22,7
Total massa yang mengendap					169,9
Rata-rata massa yang mengendap					18,88

Tabel 4.2 Pengujian dengan menggunakan plat tembaga

Menggunakan Plat Tembaga					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1	100	23,9
2	1	16	1	100	23,9
3	2	24	1	100	23,7
4	3	32	1	100	24,1
5	4	40	1	100	25,3
6	5	48	1	100	25,4
7	6	56	1	100	26,1
8	7	64	1	100	26,6
9	8	72	1	100	27,2
Total massa yang mengendap					225,7
Rata-rata massa yang mengendap					25,13

### 4.2.2 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,5 cm dengan menggunakan debu semen

Tabel 4.3 Pengujian dengan menggunakan plat aluminium

Menggunakan Plat Aluminium					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1,5	100	14,7
2	1	16	1,5	100	15,2
3	2	24	1,5	100	15,4
4	3	32	1,5	100	16,1
5	4	40	1,5	100	16,2
6	5	48	1,5	100	16,8
7	6	56	1,5	100	17,6
8	7	64	1,5	100	17,6
9	8	72	1,5	100	18,7
Total massa yang mengendap					148,3
Rata-rata massa yang mengendap					16,48

Tabel 4.4 Pengujian dengan menggunakan plat tembaga

Menggunakan Plat Tembaga					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1,5	100	19,2
2	1	16	1,5	100	21,5
3	2	24	1,5	100	22,4
4	3	32	1,5	100	23,1
5	4	40	1,5	100	23,4
6	5	48	1,5	100	23,3
7	6	56	1,5	100	23,8
8	7	64	1,5	100	24,4
9	8	72	1,5	100	25,1
Total massa yang mengendap					200,6
Rata-rata massa yang mengendap					22,91

#### 4.2.3 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,8 cm dengan menggunakan debu semen

Tabel 4.5 Pengujian dengan menggunakan plat aluminium

Menggunakan Plat Aluminium					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1,8	100	11,7
2	1	16	1,8	100	12,3

3	2	24	1,8	100	12,5
4	3	32	1,8	100	12,7
5	4	40	1,8	100	13,5
6	5	48	1,8	100	14,1
7	6	56	1,8	100	14,2
8	7	64	1,8	100	15,1
9	8	72	1,8	100	15,7
Total massa yang mengendap					121,8
Rata-rata massa yang mengendap					13,53

Tabel 4.6 Pengujian dengan menggunakan plat tembaga

Menggunakan Plat Tembaga					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1,8	100	19,1
2	1	16	1,8	100	19,7
3	2	24	1,8	100	20,3
4	3	32	1,8	100	20,4
5	4	40	1,8	100	21,4
6	5	48	1,8	100	21,5
7	6	56	1,8	100	22,3
8	7	64	1,8	100	22,8
9	8	72	1,8	100	23,7
Total massa yang mengendap					191,2
Rata-rata massa yang mengendap					21,24

#### 4.2.4 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1 cm dengan menggunakan debu batu bara

Tabel 4.7 Pengujian dengan menggunakan plat aluminium

Menggunakan Plat Aluminium					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1	100	14,6
2	1	16	1	100	15,3
3	2	24	1	100	15,5
4	3	32	1	100	16,1
5	4	40	1	100	16,8

6	5	48	1	100	17,1
7	6	56	1	100	17,9
8	7	64	1	100	17,7
9	8	72	1	100	18,3
Total massa yang mengendap					149,3
Rata-rata massa yang mengendap					16,59

Tabel 4.8 Pengujian dengan menggunakan plat tembaga

Menggunakan Plat Tembaga					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1	100	20,5
2	1	16	1	100	21,1
3	2	24	1	100	21,4
4	3	32	1	100	22,3
5	4	40	1	100	23,1
6	5	48	1	100	23,7
7	6	56	1	100	24,1
8	7	64	1	100	24,4
9	8	72	1	100	25,6
Total massa yang mengendap					206,2
Rata-rata massa yang mengendap					22,91

#### 4.2.5 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,5 cm dengan menggunakan debu batu bara

Tabel 4.9 Pengujian dengan menggunakan plat aluminium

Menggunakan Plat Aluminium					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1,5	100	11,3
2	1	16	1,5	100	11,7
3	2	24	1,5	100	12,4
4	3	32	1,5	100	13,8
5	4	40	1,5	100	13,8
6	5	48	1,5	100	14,5
7	6	56	1,5	100	14,6
8	7	64	1,5	100	15,1
9	8	72	1,5	100	16,5
Total massa yang mengendap					123,7

Rata-rata massa yang mengendap	13,74
--------------------------------	-------

Tabel 4.10 Pengujian dengan menggunakan plat tembaga

Menggunakan Plat Tembaga					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1,5	100	18,6
2	1	16	1,5	100	19,2
3	2	24	1,5	100	20,1
4	3	32	1,5	100	20,4
5	4	40	1,5	100	21,2
6	5	48	1,5	100	21,1
7	6	56	1,5	100	21,7
8	7	64	1,5	100	22,2
9	8	72	1,5	100	22,9
Total massa yang mengendap					186,8
Rata-rata massa yang mengendap					20,82

#### 4.2.6 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,8 cm dengan menggunakan debu batu bara

Tabel 4.11 Pengujian dengan menggunakan plat aluminium

Menggunakan Plat Aluminium					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1,8	100	11,7
2	1	16	1,8	100	12,3
3	2	24	1,8	100	12,5
4	3	32	1,8	100	12,7
5	4	40	1,8	100	13,5
6	5	48	1,8	100	14,1
7	6	56	1,8	100	14,2
8	7	64	1,8	100	15,1
9	8	72	1,8	100	15,7
Total massa yang mengendap					121,8
Rata-rata massa yang mengendap					13,53



Tabel 4.12 Pengujian dengan menggunakan plat tembaga

Menggunakan Plat Tembaga					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1,8	100	17,1
2	1	16	1,8	100	17,7
3	2	24	1,8	100	18,2
4	3	32	1,8	100	18,3
5	4	40	1,8	100	18,8
6	5	48	1,8	100	19,2
7	6	56	1,8	100	20,6
8	7	64	1,8	100	20,4
9	8	72	1,8	100	21,5
Total massa yang mengendap					171,8
Rata-rata massa yang mengendap					19,09

**4.2.7 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1 cm dengan menggunakan debu tanah**

Tabel 4.13 Pengujian dengan menggunakan plat aluminium

Menggunakan Plat Aluminium					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)
1	0	8	1	100	15,1
2	1	16	1	100	15,4
3	2	24	1	100	15,7
4	3	32	1	100	16,2
5	4	40	1	100	18,8
6	5	48	1	100	19,3
7	6	56	1	100	20,2
8	7	64	1	100	20,4
9	8	72	1	100	21,1
Total massa yang mengendap					162,2
Rata-rata massa yang mengendap					18,02

Tabel 4.14 Pengujian dengan menggunakan plat tembaga

Menggunakan Plat Tembaga					
No.	Tegangan	Waktu	Jarak Plat	Massa sebelum	Massa sesudah
	(kV)	(menit)	(cm)	(gram)	(gram)

1	0	8	1	100	20,3
2	1	16	1	100	21,4
3	2	24	1	100	22,2
4	3	32	1	100	23,4
5	4	40	1	100	23,5
6	5	48	1	100	24,1
7	6	56	1	100	24,4
8	7	64	1	100	25,1
9	8	72	1	100	25,8
Total massa yang mengendap					210,2
Rata-rata massa yang mengendap					23,36

#### 4.2.8 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,5 cm dengan menggunakan debu tanah

Tabel 4.15 Pengujian dengan menggunakan plat aluminium

Menggunakan Plat Aluminium					
No.	Tegangan (kV)	Waktu (menit)	Jarak Plat (cm)	Massa sebelum (gram)	Massa sesudah (gram)
1	0	8	1,5	100	15,5
2	1	16	1,5	100	15,6
3	2	24	1,5	100	15,6
4	3	32	1,5	100	16
5	4	40	1,5	100	16,4
6	5	48	1,5	100	17,5
7	6	56	1,5	100	17,7
8	7	64	1,5	100	18,1
9	8	72	1,5	100	19,3
Total massa yang mengendap					151,7
Rata-rata massa yang mengendap					16,86

Tabel 4.16 Pengujian dengan menggunakan plat tembaga

Menggunakan Plat Tembaga					
No.	Tegangan (kV)	Waktu (menit)	Jarak Plat (cm)	Massa sebelum (gram)	Massa sesudah (gram)
1	0	8	1,5	100	19,2
2	1	16	1,5	100	19,9
3	2	24	1,5	100	20,1
4	3	32	1,5	100	20,7
5	4	40	1,5	100	21,2
6	5	48	1,5	100	21,5



7	6	56	1,5	100	22,3
8	7	64	1,5	100	22,4
9	8	72	1,5	100	23,1
Total massa yang mengendap					190,4
Rata-rata massa yang mengendap					21,16

#### 4.2.9 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,8 cm dengan menggunakan debu tanah

Tabel 4.17 Pengujian dengan menggunakan plat aluminium

Menggunakan Plat Aluminium					
No.	Tegangan (kV)	Waktu (menit)	Jarak Plat (cm)	Massa sebelum (gram)	Massa sesudah (gram)
1	0	8	1,8	100	13,3
2	1	16	1,8	100	13,5
3	2	24	1,8	100	14,1
4	3	32	1,8	100	14,1
5	4	40	1,8	100	14,9
6	5	48	1,8	100	15,4
7	6	56	1,8	100	16,7
8	7	64	1,8	100	17,3
9	8	72	1,8	100	18,1
Total massa yang mengendap					137,4
Rata-rata massa yang mengendap					15,27

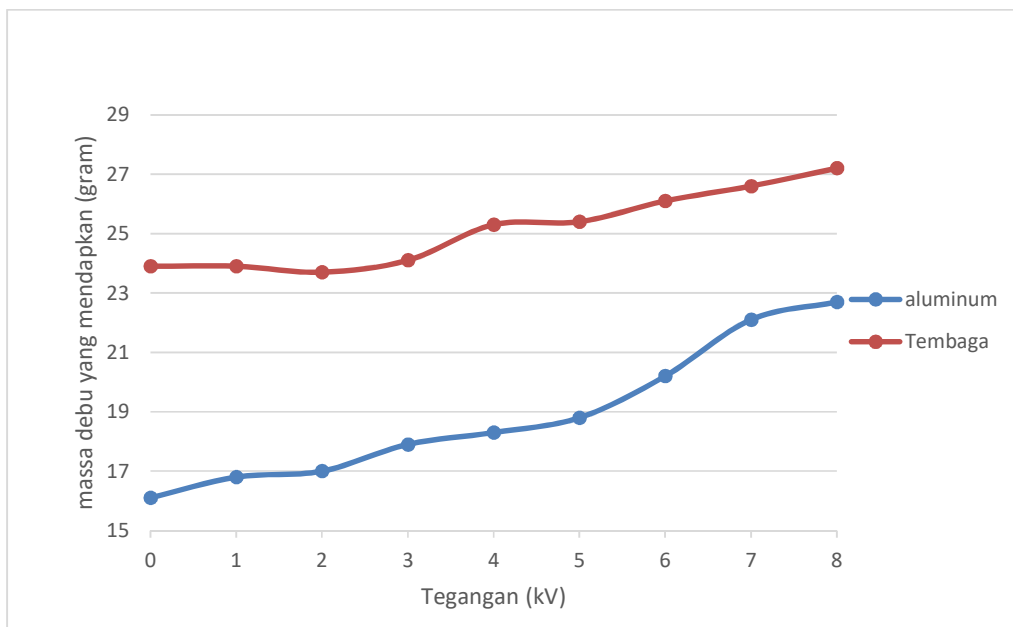
Tabel 4.18 Pengujian dengan menggunakan plat tembaga

Menggunakan Plat Tembaga					
No.	Tegangan (kV)	Waktu (menit)	Jarak Plat (cm)	Massa sebelum (gram)	Massa sesudah (gram)
1	0	8	1,8	100	13,3
2	1	16	1,8	100	18,3
3	2	24	1,8	100	19,4
4	3	32	1,8	100	20,5
5	4	40	1,8	100	21,2
6	5	48	1,8	100	21,8
7	6	56	1,8	100	22
8	7	64	1,8	100	22,5
9	8	72	1,8	100	23,2

Total massa yang mengendap	187,2
Rata-rata massa yang mengendap	20,24

### 4.3 Grafik

#### 4.3.1 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1 cm dengan menggunakan debu semen

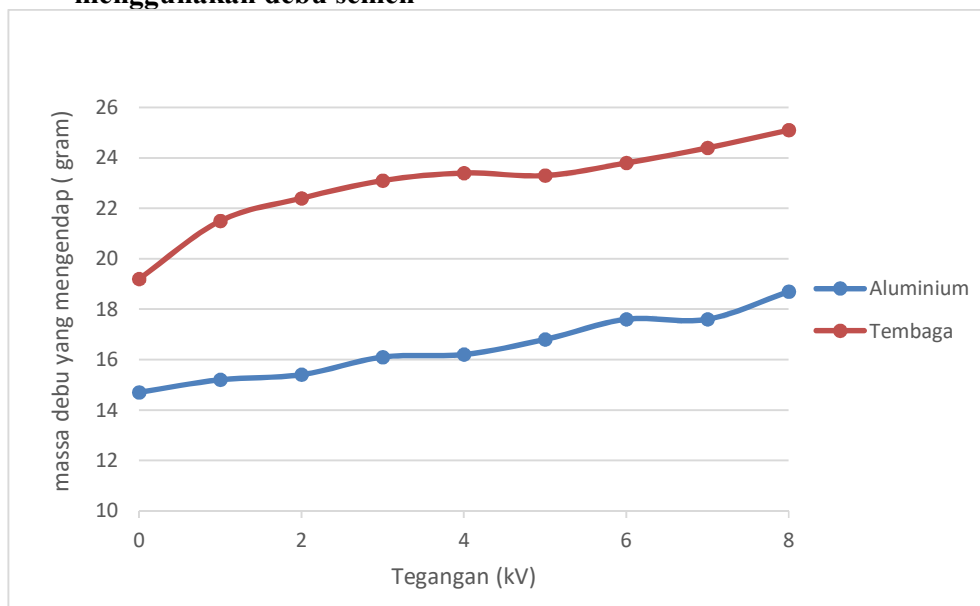


Grafik 4.1 Grafik hubungan massa debu semen yang mengendap dengan tegangan pada jenis filter yang berbeda untuk jarak filter 1 cm

Berdasarkan gambar 4.1 diatas dapat dilihat bahwa pada tegangan 0 kV, endapan debu semen dengan menggunakan plat tembaga adalah 23,2 gram, sedangkan tegangan 0 kV menggunakan plat aluminium, endapan semen adalah 16,1 gram. pada tegangan 8 kV, endapan debu dengan

menggunakan plat tembaga adalah 27,2 gram. Nilai ini lebih besar dibandingkandengan menggunakanplat aluminium yakni sebesar 22,7 gram.

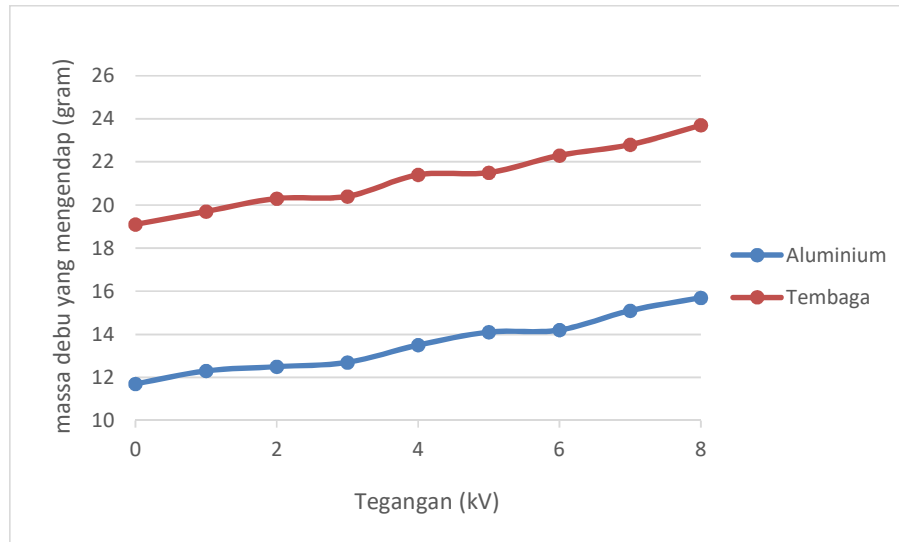
#### 4.3.2 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,5 cm dengan menggunakan debu semen



Grafik 4.2 Grafik hubungan massa debu semen yang mengendap dengan tegangan pada jenis filter yang berbeda untuk jarak filter 1,5 cm

Berdasarkan gambar 4.2 diatas dapat dilihat bahwa pada tegangan 0 kV, endapan debu semen dengan menggunakan plat tembaga adalah 19,2 gram, sedangkan tegangan 0 kV menggunakan plat aluminium, endapan semen adalah 14,7 gram. pada tegangan 8 kV, endapan debu dengan menggunakan plat tembaga adalah 25,1 gram. Nilai ini lebih besar dibandingkandengan menggunakanplat aluminium yakni sebesar 18,7 gram.

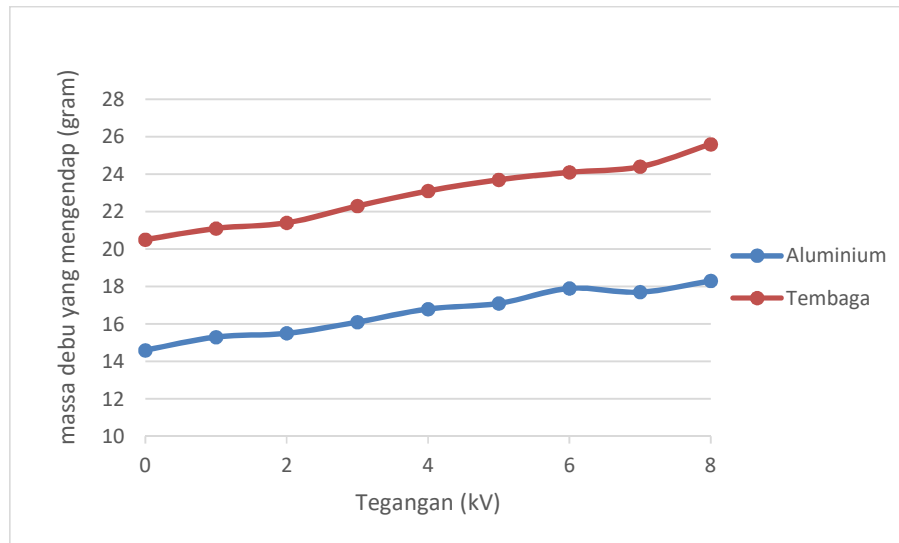
#### 4.3.3 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,8 cm dengan menggunakan debu semen



Grafik 4.3 Grafik hubungan massa debu semen yang mengendap dengan tegangan pada jenis filter yang berbeda untuk jarak filter 1,8 cm

Berdasarkan gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa pada tegangan 0 kV, endapan debu semen dengan menggunakan plat tembaga adalah 19,1 gram, sedangkan tegangan 0 kV menggunakan plat aluminium, endapan semen adalah 11,7 gram. pada tegangan 8 kV, endapan debu dengan menggunakan plat tembaga adalah 23,7 gram. Nilai ini lebih besar dibandingkan dengan menggunakan plat aluminium yakni sebesar 15,7 gram.

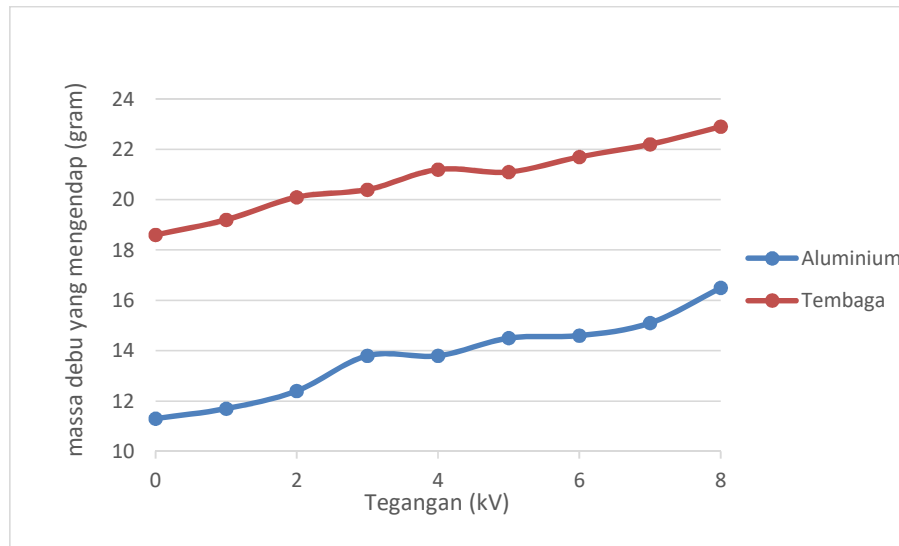
#### 4.3.4 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1 cm dengan menggunakan debu batu bara



Grafik 4.4 Grafik hubungan massa batu bara yang mengendap dengan tegangan pada jenis filter yang berbeda untuk jarak filter 1 cm.

Berdasarkan gambar 4.4 diatas dapat dilihat bahwa pada tegangan 0 kV, endapan debu batu bara dengan menggunakan plat tembaga adalah 20,5 gram, sedangkan tegangan 0 kV menggunakan plat aluminium, endapan semen adalah 14,6 gram. pada tegangan 8 kV, endapan debu dengan menggunakan plat tembaga adalah 25,6 gram. Nilai ini lebih besar dibandingkandengan menggunakan plat aluminium yakni sebesar 18,3 gram.

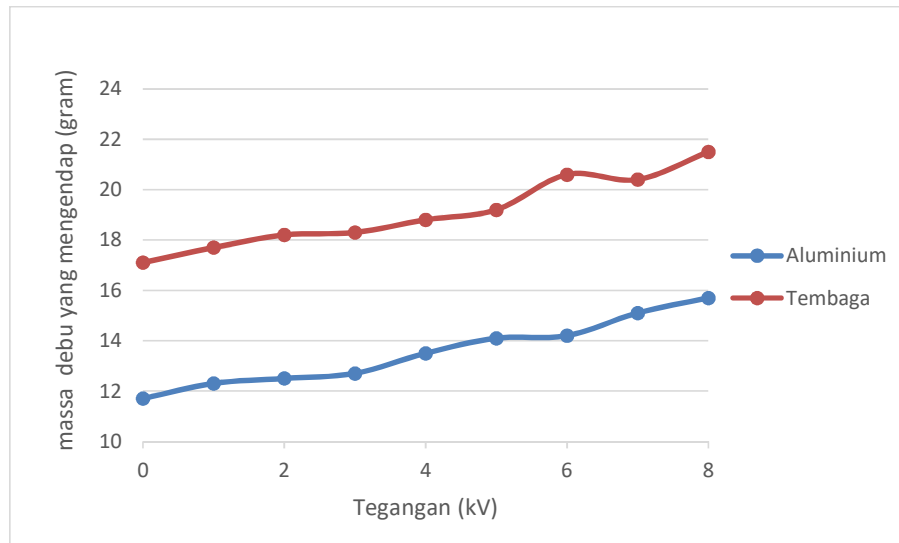
#### 4.3.5 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,5 cm dengan menggunakan debu batu bara



Grafik 4.5 Grafik hubungan massa batu bara yang mengendap dengan tegangan pada jenis filter yang berbeda untuk jarak filter 1,5 cm.

Berdasarkan gambar 4.5 diatas dapat dilihat bahwa pada tegangan 0 kV, endapan debu batu bara dengan menggunakan plat tembaga adalah 18,6 gram, sedangkan tegangan 0 kV menggunakan plat aluminium, endapan semen adalah 11,3 gram. pada tegangan 8 kV, endapan debu dengan menggunakan plat tembaga adalah 22,9 gram. Nilai ini lebih besar dibandingkandengan menggunakan plat aluminium yakni sebesar 16,5 gram.

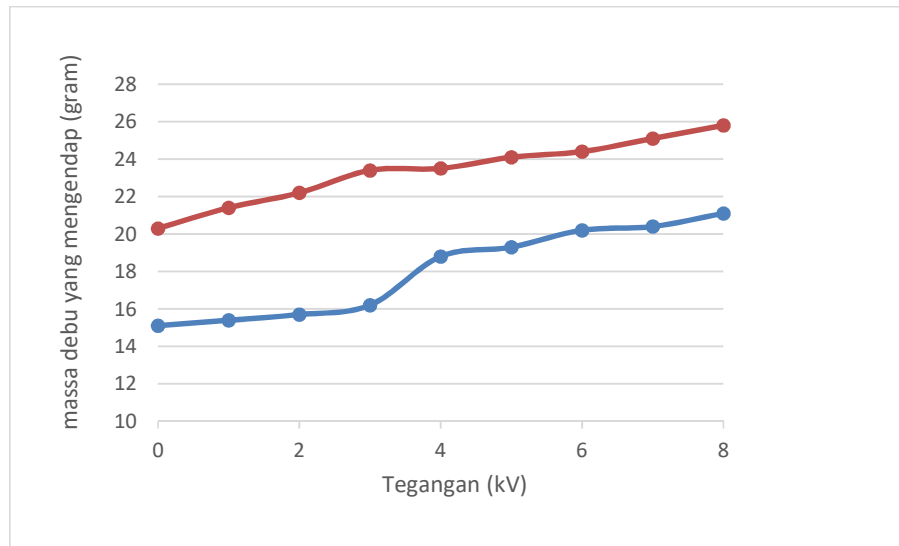
#### 4.3.6 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,8 cm dengan menggunakan debu batu bara



Grafik 4.6 Grafik hubungan massa batu bara yang mengendap dengan tegangan pada jenis filter yang berbeda untuk jarak filter 1,8 cm.

Berdasarkan gambar 4.6 diatas dapat dilihat bahwa pada tegangan 0 kV, endapan debu batu bara dengan menggunakan plat tembaga adalah 17,1 gram, sedangkan tegangan 0 kV menggunakan plat aluminium, endapan semen adalah 11,7 gram. pada tegangan 8 kV, endapan debu dengan menggunakan plat tembaga adalah 21,5 gram. Nilai ini lebih besar dibandingkandengan menggunakan plat aluminium yakni sebesar 15,7 gram.

#### 4.3.7 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1 cm dengan menggunakan debu Tanah

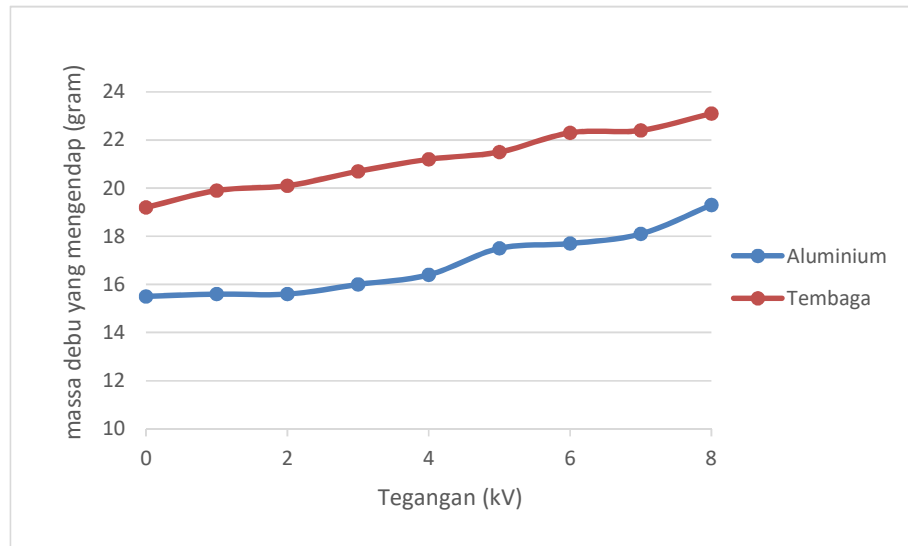


Grafik 4.7. Grafik hubungan massa debu tanah yang mengendap dengan tegangan pada jenis filter yang berbeda untuk jarak filter 1 cm.

Berdasarkan gambar 4.7 diatas dapat dilihat bahwa pada tegangan 0 kV, endapan debu batu bara dengan menggunakan plat tembaga adalah 20,3 gram, sedangkan tegangan 0 kV menggunakan plat aluminium, endapan semen adalah 15,1 gram. pada tegangan 8 kV, endapan debu dengan menggunakan plat tembaga adalah 25,8 gram. Nilai ini lebih besar dibandingkandengan menggunakan plat aluminium yakni sebesar 21,1 gram.

#### 4.3.8 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,5 cm dengan menggunakan debu tanah

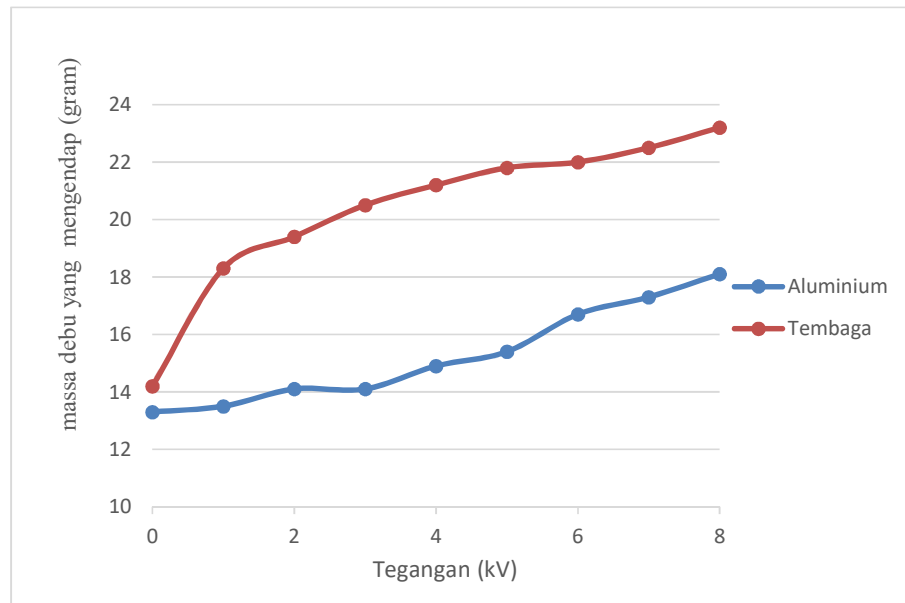




Grafik 4.8. Grafik hubungan massa debu tanah yang mengendap dengan tegangan pada jenis filter yang berbeda untuk jarak filter 1,5 cm.

Berdasarkan gambar 4.8 diatas dapat dilihat bahwa pada tegangan 0 kV, endapan debu batu bara dengan menggunakan plat tembaga adalah 19,2 gram, sedangkan tegangan 0 kV menggunakan plat aluminium, endapan semen adalah 15,5 gram. pada tegangan 8 kV, endapan debu dengan menggunakan plat tembaga adalah 23,1 gram. Nilai ini lebih besar dibandingkandengan menggunakan plat aluminium yakni sebesar 19,3 gram.

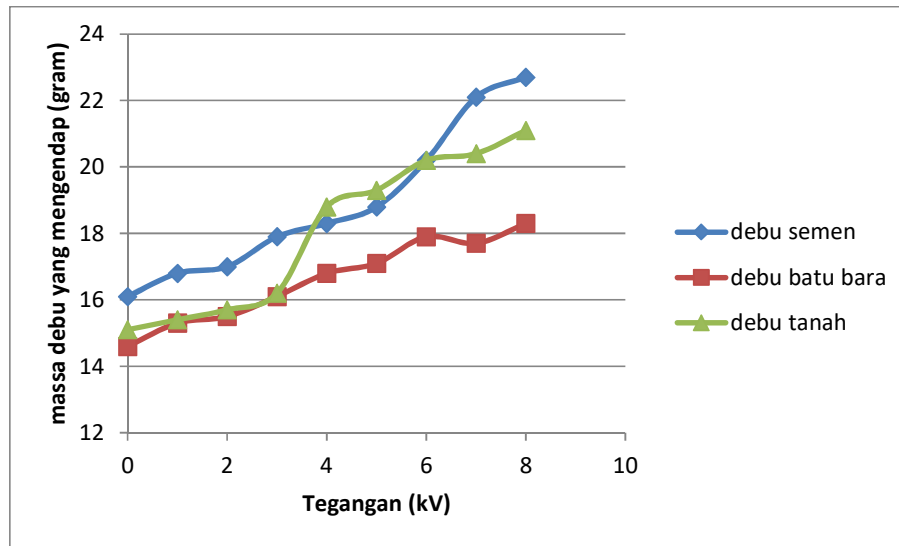
#### 4.3.9 Pengujian plat aluminium dan plat tembaga jarak 1,8 cm dengan menggunakan debu Tanah



Grafik 4.9. Grafik hubungan massa debu tanah yang mengendap dengan tegangan pada jenis filter yang berbeda untuk jarak filter 1,8 cm.

Berdasarkan gambar 4.9 diatas dapat dilihat bahwa pada tegangan 0 kV, endapan debu batu bara dengan menggunakan plat tembaga adalah 14,2 gram, sedangkan tegangan 0 kV menggunakan plat aluminium, endapan semen adalah 13,3 gram. pada tegangan 8 kV, endapan debu dengan menggunakan plat tembaga adalah 23,2 gram. Nilai ini lebih besar dibandingkandengan menggunakan plat aluminium yakni sebesar 18,1 gram.

#### 4.3.10 Grafik 3 debu dalam satu grafik



Grafik 4.10. Grafik hubungan massa debu tanah yang mengendap dengan tegangan pada jenis debu yang berbeda.

Berdasarkan gambar 4.10 diatas dapat dilihat bahwa pada tegangan 0 kV, endapan debu semen adalah 16,1 gram, sedangkan tegangan 0 kV menggunakan plat aluminium, endapan batu bara adalah 14,7 gram, endapan debu tanah 15,1. pada tegangan 8 kV, endapan debu dengan menggunakan debu semen adalah 22,7 gram. Menggunakan debu batu bara adalah 18,3 gram, sedangkan menggunakan debu tanah adalah 21,1 gram.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan pengukuran, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan plat tembaga lebih bagus dibandingkan dengan plat aluminium sebagai filter pengendap debu. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengendapan dengan pengujian debu semen, untuk plat tembaga sebesar 27,2 gram dan untuk plat aluminium sebesar 22,7 gram pada tegangan 8 kV, dengan jarak antar plat 1cm.
2. Pada percobaan ini diperoleh jarak filter yang baik untuk mengendapkan debu semen, debu batu bara, dan debu tanah adalah sebesar 1cm. Hal ini disebabkan karena semakin dekat jarak antar plat maka semakin cepat tercapai tegangan tembus.
3. Massa debu yang dapat diendapkan oleh lempengan plat tembaga untuk jenis debu semen pada tegangan 8 kV adalah 27,2 gram, untuk debu batu bara pada tegangan yang sama adalah 25,6 gram, untuk debu tanah dengan tegangan yang sama adalah 25,8 gram. Sedangkan massa debu yang dapat diendapkan lempengan plat aluminium untuk jenis debu semen pada tegangan 8 kV adalah 22,7 gram, dan untuk debu batu bara pada tegangan yang sama adalah 18,3 gram, untuk debu tanah dengan tegangan yang sama sebesar 21,1 gram.

## 5.2 SARAN

1. Sebaiknya pemasangan jarak antara filter lebih kecil untuk mendapatkan hasil endapan debu yang lebih baik.
2. Pada saat penyebaran Debu ke filter menggunakan wadah baik agar debu dapat mengendap.
3. Adanya pengawasan pada filter agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan.
4. Selalu mengutamakan keselamatan kerja saat berada di lab tegangan tinggi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arief, Latar Muhammad. 2013. Lingkungan Kerja Faktor Debu. Jakarta: Univesitas Esa Unggul.
- Hajir, Muhammad dan Sabri 2017. Modifikasi *Prototype* Filter Pengendap Debu Elektrostatik dengan Model Vertikal Menggunakan Tegangan Tinggi DC. Tugas Akhir .Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Huda, Miftahul 2017. <http://pengetahuan-listrik.blogspot.co.id/2017/03/cara-kerja-esp-electrostatic.html/>, (Diakses pada 2 Mei 2018)
- Indiani, Eva dan Ngurah Ayu Ketut U. 2010. Keramik persolen berbasis *feldspar* sebagai bahan isolator listrik. Semarang: Jurusan Fisika Universitas Diponegoro.
- Nawir, Herman. 2010. Job Sheet Praktikum Teknik Tegangan Tinggi. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Nurlailati dkk. 2007. Aplikasi Tegangan Tinggi DC Sebagai pengendap Debu Elektrostatik. Makalah Tugas Akhir. Semarang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Syakur, Abdul dkk. 2009. Aplikasi Tegangan Tinggi DC Sebagai Pengendap Debu Secara Elektrostatik. Tugas Akhir. Semarang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Wibowo Hardian Yanuar dkk. Pembuatan Power Supply Tegangan Tinggi Searah dengan Menerapkan Metode *Intermittent Energistation* untuk Pengendap Debu Secara Elektrostatik. Semarang: Jurusan Teknik elektro fakultas teknik. Universitas Diponegoro. (Diakses pada 2 Mei 2018).
- Faizalnizbah.blogspot.com/2013/06/tembaga-sebagai-penghantar-listrik.html/, (Diakses pada 28 Agustus 2018).

# LAMPIRAN







Proses pengukuran plat sebelum di potong

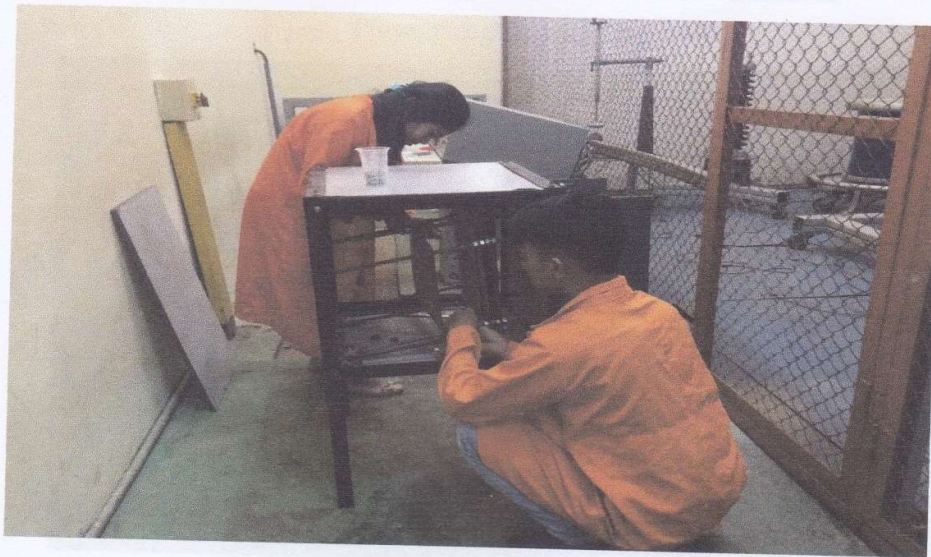


Proses pemotongan plat





proses melubang plat



Proses merakit filter



Proses mengatur jarak filter



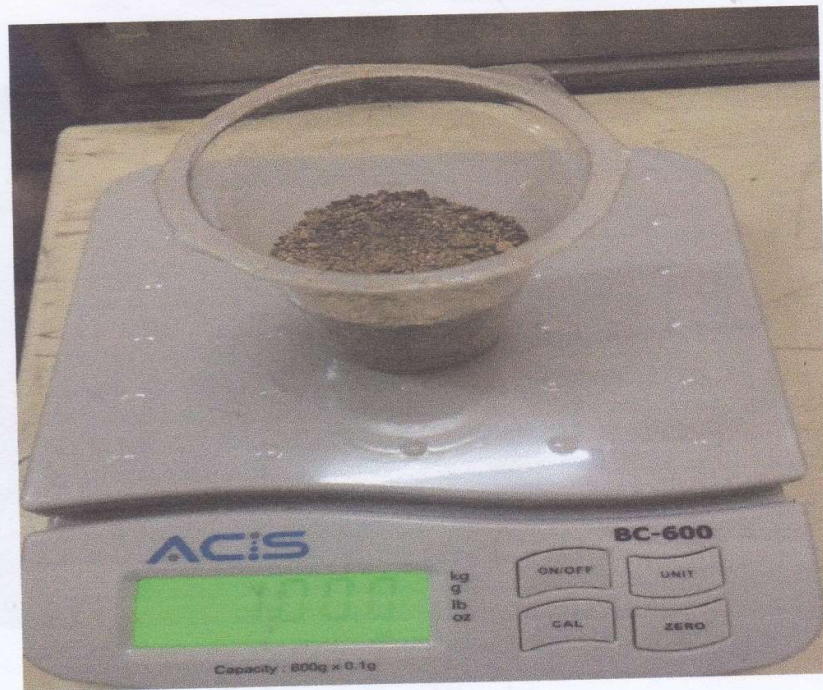
Proses pemasangan tegangan tinggi DC ke filter

Mam, Pang, Mas, Awol & Dhu





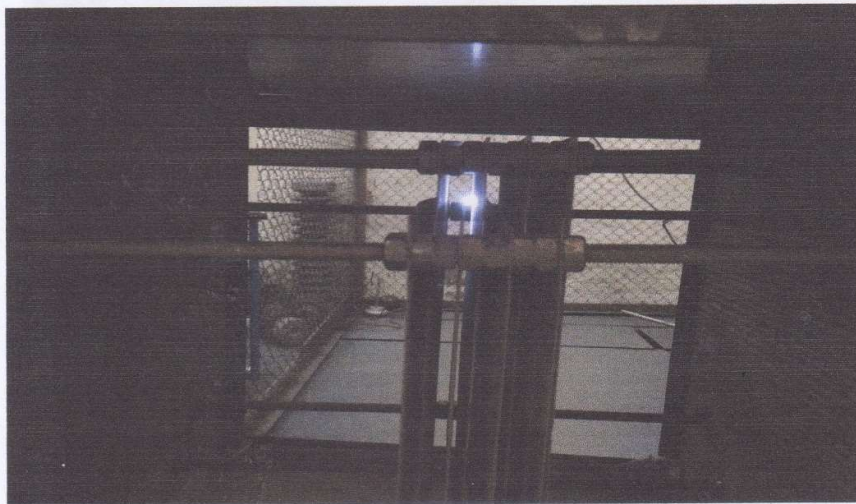
Sampel debu yang digunakan debu batu bara , debu semen, debu tanah



Menimbang massa awal debu



Proses penaburan sampel debu

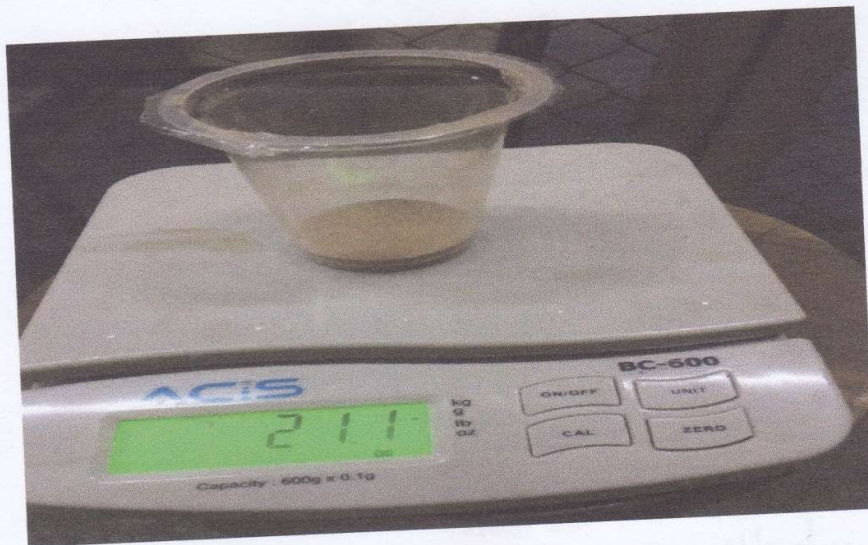


Proses pengambilan data





Debu yang mengendap pada filter







Hasil massa debu yang di endapkan

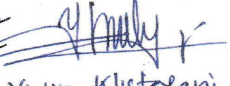
**LAMPIRAN BERITA ACARA PELAKSANAAN  
UJIAN SIDANG LAPORAN TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Muh. Yusril H. / Meisi Ayu Rinda  
NIM : 342 15 007 / 342 15 014

Catatan/Daftar Revisi Penguji:

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Eusri E. Ali, S.T., M.Eng	- Ringkasan #, kata pengantar - sesuaikan dg revisi yg tertulis pada naskah TA oleh EGE. - tambahkan teori mengapa aluminium dijadikan tambahan material - gambar alat sebelum & sesudah. - sumber gambar. - daftar pustaka.	
2.	Apollo, S.T., M.Eng	* Gambar teknik * Resume tabel dengan peneliti terdapat * Judul dipelajari * grafik & deskripsi dlm 1 <del>grafik</del> grafik.	
3.	Yiyin Klistyani, S.T., M.T.	* Tambahkan teori Hg medan elektrostatik * Sesuaikan dg revisi yg tertulis pd naskah oleh EGE * penulisan kV	
4.	F. Makmur-Saini, M.T., Ph.D	* persamaan Medan listrik * Ringkasan * tabel → medan listrik * perbaiki sebelum tabel akhir (menit <del>ke</del> - ...)	

\* kesimpulan  
terkait dlm  
\* antara gambar  
dan pembahasannya  
ada serasi.

Makassar, ..... 7 September 2018  
Sekretaris Penguji  
  
Yiyin Klistyani, S.T., M.T.  
NIP.

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.