

## MAKALAH TUGAS AKHIR

### PERANCANGAN PEMBANGKIT TEGANGAN TINGGI DC *FULL WAVE WALTON COCKCROFT* DAN APLIKASINYA SEBAGAI PENGENDAP DEBU SECARA ELEKTRET

Achmad Raditya\*, Agung Warsito\*\*, Abdul Syakur\*\*

**Abstrak-***Udara adalah salah satu komponen penting dalam kehidupan. Salah satu indikator kesehatan lingkungan adalah tersedianya udara yang bersih. Akan tetapi di zaman modern ini, banyak polusi udara yang terjadi yang disebabkan asap industri, asap kendaraan bermotor, dan asap rokok. Partikel polusi akan berada dalam jangka waktu yang lama dan melayang- layang di udara yang kemudian masuk ke pernafasan. Hal ini berbahaya untuk kesehatan manusia.*

*Pada tugas akhir ini, dibuatlah suatu alat pengendap debu dengan menggunakan elektret. Elektret adalah sebutan untuk material yang dapat menyimpan muatan dalam jangka waktu tertentu. Media yang digunakan adalah polypropylene dan mika. Elektret terjadi dikarenakan polarisasi yang dihasilkan oleh pembangkit tegangan tinggi walton cockcroft sehingga mempunyai gaya tarik terhadap partikel lain. Dengan menggunakan gaya tarik tersebut, elektret digunakan sebagai pengendap debu.*

*Pengujian menunjukkan jumlah debu yang mengendap tergantung dari variasi tegangan yang diterapkan. Pengujian juga menunjukkan polimer terpolarisasi lebih efektif daripada polimer yang tidak dipolarisasi. Pengujian juga menunjukkan tidak ada perbedaan pada jumlah debu yang menempel dengan baik dengan menggunakan pembangkit tinggi walton cockcroft gelombang penuh dan setengah gelombang. Massa debu yang diperoleh dengan cara pengendapan secara elektret lebih sedikit daripada massa debu yang diperoleh secara elektrostatik.*

**Abstract-***Air is an important component in the life of living organism. An indication of an environment's sanity is the availability of clean air. However, there are a lot of air pollution in the modern era, caused by industrial smoke, vehicle emission and cigarette smoke. This makes the availability of clean air in the environment is decreasing. Pollution particles remain on air in a relative long time. Then it is entering human body through the breathing system so that endangering human health.*

*In this final project, a method of depositing dust using electrets. It is a kind of material which can save electrical charge in a certain time. Medium used to create electrets in this final project was mica polymer and polypropylene. Electrets produced because of polarization using DC Walton-Cockcroft. It produces polymer charge polarization so that the polymer has pulling force to another particle. By using polymer pulling force, it is then used for dust sedimentation.*

*The test showed that the amount of sticking dust depends on voltage applied to polarize the polymer. It is can also concluded from the test that dust sticking to polarized polymer is more effective than not polarized polymer. DC Walton- Cockcroft high voltage full rectifier and half rectifier are used for polarization test. There is no difference in the amount of dust sticking to polymer in both rectifier. The amount of sticking dust using electret less than using electrostatic.*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu indikator pencemaran udara untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan dan keselamatan kerja adalah polusi udara. Partikel polusi berada di udara dalam waktu yang relatif lama dalam keadaan melayang layang di udara kemudian masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernafasan sehingga membahayakan kesehatan.

Dari fenomena tersebut, maka diadakan suatu penelitian dalam Tugas Akhir ini untuk

membuat suatu alat yang diharapkan dapat mengurangi polutan yaitu dengan cara mengendapkan debu secara elektrostatik dengan menggunakan elektret. Elektret adalah sebutan untuk benda yang dapat menyimpan muatan listrik dalam waktu yang lama. Elektret tersebut selanjutnya digunakan sebagai media pengendap debu.

### 1.2 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dari tugas akhir ini adalah merancang suatu pembangkit tegangan tinggi serah (DC) *full wave walton cockraft*, dan

digunakan sebagai aplikasi pengendap debu secara elektret.

### 1.3 Batasan Masalah

Pada Tugas Akhir ini, pembahasan dibatasi pada batasan-batasan berikut ini :

1. Perancangan alat pengendap debu meliputi pembuatan pembangkit tegangan tinggi searah (DC) menggunakan metoda penyerah pengali tegangan atau *Walton- Cockroft* untuk menciptakan elektret.
2. Membahas penggunaan elektret untuk mengendapkan debu dan melakukan uji efektifitas.
3. Tidak melakukan perhitungan atau pengujian muatan yang ada pada elektret.
4. Diasumsikan bahwa partikel polusi telah memiliki muatan secara alami di udara.
5. Tidak melakukan perhitungan atau pengujian massa dan muatan persatuan partikel polusi.
6. Tidak membahas masalah kegagalan isolasi.
7. Tidak membahas dimensi ruang yang digunakan dalam penerapan alat pengendap debu.
8. Waktu polarisasi adalah 15 menit dan tegangan yang diterapkan adalah 8 Kv.
9. Polimer yang digunakan adalah *polypropylene* dan mika

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Debu

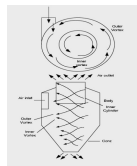
Debu merupakan partikel yang melayang di udara dengan ukuran 1 mikron sampai dengan 500 mikron. Debu sering dijadikan sebagai salah satu indikator pencemaran udara untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan.

### 2.2 Pengendapan debu

Ada beberapa teknologi pengendap debu untuk membersihkan udara yang telah dikembangkan, diantaranya :

- *Separator Cyclone*.

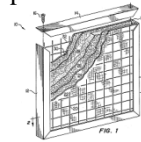
*Separator Cyclone* merupakan salah satu alat pengendap debu yang menggunakan prinsip gerakan *cyclo* untuk memisahkan gas dengan debu yang dikandungnya



Gambar 2.1 Prinsip kerja *separator cyclone*

Prinsip kerja *separator cyclone* berawal dari gas yang masuk dengan bantuan *fan*. Gas akan mengikuti bentuk alur dari sirip-sirip *cyclone* yang mengakibatkan gas yang masuk akan mengalami pergerakan *cyclo* menuju kearah bawah dan partikel-partikel debu akan terkumpul ditengah-tengah *vortex* (pusaran), dan jatuh ke bawah.

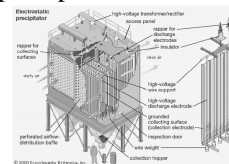
- HEPA ( *High Efficiency Air Filter* )  
*Silver nano electret* adalah pelapis filter dari perak yang bisa mengikat bakteri dan jamur. Sedangkan HEPA adalah filter yang terdiri atas filter penyaring yang mampu menyaring kotoran hingga ukuran 0,3 mikron sehingga dapat menghasilkan udara bersih. Filter ini dibuat dari elektret polimer.



Gambar 2.2 Elektret filter

- *Electrostatik precipitator* ( ESP ).

Cara kerja dari *electrostatic precipitator* (ESP) ini adalah polutan di udara termasuk debu dilewatkan melalui kamar yang berisi tirai-tirai elektrode, yang terbuat dari tembaga, kuningan ataupun arang. Elektrode-elektrode ini diberi arus listrik arus searah dengan muatan minus. Dengan demikian, setiap butiran debu akan termuati oleh muatan negatif dengan tegangan tinggi sebesar 30-50 KV sebelum masuk ke dalam cerobong. Gas yang mengandung butiran debu bermuatan negatif ini dalam daerah yang terdiri dari pelat-pelat yang bermuatan positif. Dengan demikian, debu-debu akan tertarik pada pelat-pelat tersebut.



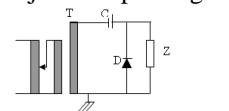
Gambar 2.3 Prinsip kerja *Electrostatic Precipitator*.

### 2.3 Pelipat dan Penyearah Tegangan

Pelipat dan penyearah tegangan tinggi ada beberapa macam, yaitu Villard, greinacher dan kaskade.

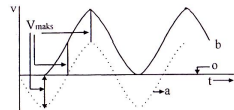
#### 2.3.1 Villard

Rangkaian ditunjukkan pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.4 Rangkaian penyearah Villard.

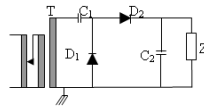
Berikut ini adalah bentuk gelombang keluaran penyearah Villard :



Gambar 2.5 Keluaran penyearah Villard.

### 2.3.2 Greinacher

Rangkaianannya ditunjukkan pada gambar 2.11 dibawah ini.:



Gambar 2.6 Rangkaian penyearah Greinacher.

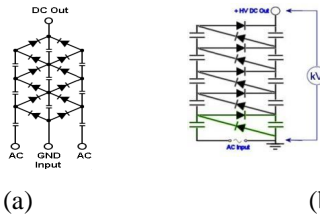
Bentuk tegangan keluaran rangkaian penyearah ini adalah seperti gambar 2.12 dibawah ini:



Gambar 2.7 Keluaran penyearah Greinacher.

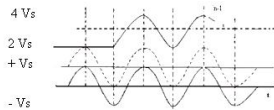
### 2.4.3 Pelipat Bertingkat Susunan Kaskade (Walton Cockroft)

Rangkaian walton cockcroft ada 2 buah, setengah gelombang dan tegangan penuh. Baik rangkaian setengah gelombang dan gelombang penuh mempunyai bentuk gelombang yang hampir sama berupa sinus, akan tetapi pada rangkaian gelombang penuh gelombang keluaran akan tampak lebih rata.



Gambar 2.8 Rangkaian Penyearah Walton Cockroft

(a) Gelombang penuh  
(b) Setengah gelombang



Gambar 2.9 Keluaran Walton cockcroft

Pada prakteknya, nilai tegangan keluarannya selalu lebih kecil dari  $2n V_{maks}$  karena adanya rugi – rugi tegangan pada transformator dan dioda. Nilai jatuh tegangan ini yang akan semakin bertambah dengan bertambahnya tingkatan.

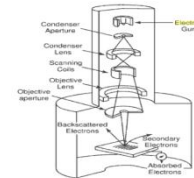
### 2.5 Elektret

Elektret adalah sebutan dari benda – benda yang dapat menyimpan muatan listrik dan dalam waktu yang lama. Salah satu contohnya adalah

polimer. Elektret berasal dari dua kata, elektr- dari kata "elektricity" dan -et dari kata "magnet". Berdasarkan pembuatannya, elektret secara umum dapat dibagi menjadi :

#### 1. Electron Beam Electret

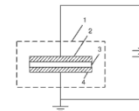
Untuk menghasilkan muatan yang tersimpan dalam suatu material, dapat juga dengan menembakkan sebuah elektron ke dalam material tersebut. Energi dari elektron tersebut biasanya berkisar 10-50 keV tergantung dari ketebalan material tersebut. Elektron yang ditembakkan akan masuk ke dalam material tersebut dan akan terperangkap di dalamnya.



Gambar 2.10 Electron beam

#### 2. Thermo Electric Electret

Lilin tersebut ditempatkan pada suatu ruang pemanas. Pada ruang tersebut dialirkan medan listrik secara kontinyu. Kemudian lilin tersebut dicairkan dan ditunggu sampai lilin itu membeku. Ketika lilin mencair dan dibiarkan sampai membeku, medan listrik yang kuat tersebut dialirkan secara terus - menerus tanpa berhenti, hal ini akan mengakibatkan molekul - molekul lilin akan terpolarisasi ketika membeku secara semi permanen.

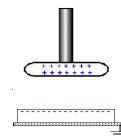


Gambar 2.11 Proses thermo electret

Keterangan :  
1. Ruang Pemanas  
2. Elektroda Negatif  
3. Elektret  
4. Elektroda Positif

#### 3. Electro Electret

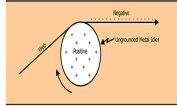
Metode ini mirip dengan metode thermo electric, perbedaannya hanya tidak menggunakan panas. Material ditempatkan diantara dua buah elektroda yang menghasilkan medan listrik yang kuat. Medan listrik ini akan membuat material tersebut terpolarisasi. Material tersebut selanjutnya akan menyimpan muatan listrik sehingga mempunyai gaya tarik.



Gambar 2.12 Proses polarisasi pada elektro elektret

#### 4. *Tribo Electret*

Metode ini adalah metode tranfer muatan dengan melakukan kontak gesekan pada permukaan sebuah benda. Saat terjadi gesekan pada permukaan dua buah benda secara berulang-ulang, terjadi panas dan transfer muatan.

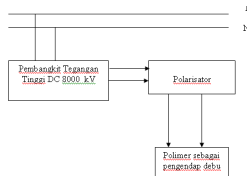


Gambar 2.24 Proses *triboelectret*

### III. PERANCANGAN ALAT

#### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan alat pengendap debu sumber tegangan AC (tegangan jala-jala PLN), pembangkit tegangan tinggi searah 8000 Volt, polarisator dan pengendap debu. Blok diagramnya ditunjukkan pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Blok diagram alat

#### 3.2 Suplai AC 1 Fasa

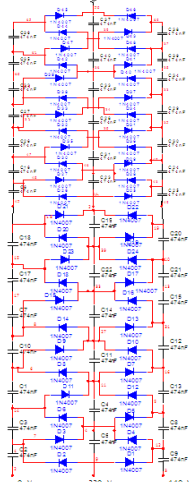
Suplai AC 1 Fasa yang digunakan berasal dari jala-jala PLN dengan tegangan 220/380 Volt dan frekuensi 50 Hz.

#### 3.3 Pembangkit Tegangan Tinggi DC 8000 Volt

Pembangkit tegangan tinggi berjumlah 15 tingkat yang secara teoritis menghasilkan tegangan 9331 V. Pembangkit tegangan tinggi disusun secara bertingkat.



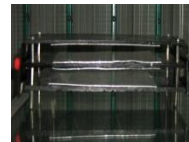
Gambar 3. 2 Blok pembangkit tegangan tinggi DC



Gambar 3.5 Diagram skematik supply tegangan

#### 3.4 Polarisor

Elektroda untuk polarisasi terdiri dari dua buah keping konduktor yang disusun sejajar dengan jarak 1,5 cm. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi bunga api yang mengakibatkan kerusakan pada polimer disebabkan tegangan tembus udara. Konduktor terbuat dari logam alumunium yang dihubungkan dengan pembangkit tegangan tinggi DC dengan polaritas yang berkebalikan.



Gambar 3.1 Polarisor polimer

Polarisasi polimer menggunakan dua pasang elektroda. Tujuan penggunaan dua pasang elektroda tersebut untuk mendapatkan dua buah polimer dengan berbeda polaritasnya. Polimer pertama diletakkan pada pasangan elektroda pertama dengan tujuan mendapatkan polimer bermuatan negatif dan polimer kedua ditempatkan pada pasangan elektroda kedua dengan tujuan mendapatkan polimer bermuatan positif.

#### 3.5 Pengendap Debu

Filter terdiri dari polimer bermuatan. Gaya tarik polimer selanjutnya digunakan sebagai pengendap debu.



Gambar 3.12 Pengendap debu

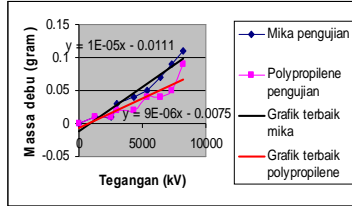
### IV. ANALISA PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat dilakukan pembahasan-pembahasan berikut ini.

#### 4.1 Hubungan massa debu yang mengendap dengan Variasi tegangan.

Pengujian dilakukan dengan menerapkan delapan variasi tegangan pada polimer untuk memperoleh hubungan antara tegangan yang diterapkan dengan banyaknya

debu yang mampu diendapkan.. Dari percobaan ini, dapat diketahui pengaruh variasi tegangan pada polimer sebagai pengendap debu. Pengujian dilakukan dari tegangan 1 Kv sampai 8 Kv. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan .diperoleh grafik seperti gambar 4.1 di bawah ini.



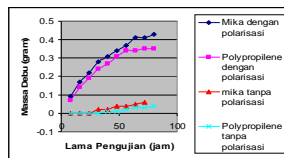
Gambar 4.1 Hubungan massa debu yang diendapkan dengan tegangan

Pada gambar diatas, didapatkan bahwa banyak debu yang mengendap pada pengendap debu berbanding lurus dengan tegangan yang diterapkan. Makin besar tegangan yang diterapkan, makin besar pula debu yang menempel pada polimer.

Terlihat pula bahwa polimer mika lebih baik daripada polimer *polypropilene* sebagai pengendap debu.

#### 4.2 Hubungan massa debu yang mengendap dengan polimer terpolarisasi dan tanpa polarisasi

Pengujian dengan menerapkan tegangan tinggi DC pada *filter* dengan tegangan tetap sebesar 8210 V dan pengambilan data setiap 8 jam sekali selama 80 jam dilakukan untuk mengetahui hubungan massa debu dengan tegangan dan waktu. Percobaan ini juga bertujuan untuk mengetahui kadar keefektivan debu dibandingkan polimer tanpa polarisasi. Dari percobaan dapat dibuat grafik hubungan sebagai berikut ini:



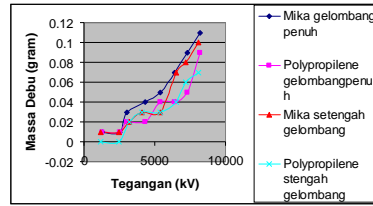
Gambar 4.2 Hubungan massa debu yang diendapkan dengan tegangan dan waktu

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa massa debu yang mengendap makin besar seiring dengan lamanya pengujian. Grafik juga menunjukkan penggunaan polimer terpolarisasi lebih efektif daripada polimer tanpa polarisasi.

#### 4.3 Pengujian Pengaruh Pembangkit Gelombang Penuh dan Pembangkit Tinggi Setengah Gelombang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara

polarisasi dengan tegangan tinggi gelombang penuh dan setengah gelombang.



Gambar 4.3 Grafik hubungan massa debu polarisasi gelombang penuh dan setengah gelombang

Dari gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh signifikan pada debu yang menempel pada polimer baik dengan gelombang penuh maupun setengah gelombang. Perbedaan diantara keduanya hanya berkisar 0.01 gram sampai 0.02 gram.

#### 4.4 Perbandingan Perolehan Debu Secara Elektrostatik dan Perolehan Debu Secara Elektret

Perbandingan ini diperoleh dari pengendapan debu secara elektret dan pengendapan debu yang diperoleh secara elektrostatik. Hasil pengendapan debu secara elektrostatik dengan total luas filter sebesar 4860 cm<sup>2</sup> adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Perolehan debu secara elektrostatik

t ( Jam )	M ( Gram)	Luas filter (cm <sup>2</sup> )	Jumlah debu tiap cm <sup>2</sup> pada tiap jam (m/cm <sup>2</sup> /jam)
0	0	4860	~
6	4.9	4860	0.000168
12	10.8	4860	0.000185
18	16.4	4860	0.000187
24	21.8	4860	0.000187
30	24.9	4860	0.000171
36	26.9	4860	0.000154
42	28.3	4860	0.000139
48	29.7	4860	0.000127
54	30.6	4860	0.000117
60	30.9	4860	0.000106
Total			0.001541
Rata-rata debu			0.000154

Untuk hasil pengendapan debu secara elektret dengan luas total filter sebesar 480 cm<sup>2</sup> adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Perolehan debu secara elektret

Waktu (jam)	Debu yang menempel (gram)		Luas filter (cm)	Jumlah debu tiap cm <sup>2</sup> pada tiap jam (m/cm <sup>2</sup> /jam)	
	Mika	pp		Mika	pp
8	0.09	0.07	480	2.3437 50E-05	1.8229 2E-05
16	0.17	0.14	480	2.2135 4E-05	1.8229 2E-05
24	0.22	0.19	480	1.9097 2E-05	1.6493 1E-05
32	0.28	0.24	480	1.8229 2E-05	0.0000 15625
40	0.31	0.27	480	1.6145 8E-05	1.4062 5E-05
48	0.34	0.31	480	1.4756 9E-05	1.3454 9E-05
56	0.37	0.34	480	1.3764 9E-05	1.2648 8E-05
64	0.41	0.34	480	1.3346 4E-05	1.1067 7E-05
72	0.41	0.35	480	1.1863 4E-05	1.0127 3E-05
80	0.43	0.35	480	1.1197 9E-05	9.1145 8E-06
Total				1.6397 47E-04	0.0001 39052
Rata-rata perolehan debu				1.6397 5E-05	1.3905 2E-05

Dari data perolehan debu baik pengendapan debu secara elektrostatis maupun secara elektret dapat dibuat perbandingan perolehan data tiap cm<sup>2</sup> pada kedua metode setiap jam sebagai berikut:

Dari perbandingan pada data perolehan debu baik dengan cara elektrostatis dan dengan cara elektret, dapat diambil kesimpulan bahwa debu yang diperoleh dengan cara elektrostatis lebih banyak daripada debu yang diperoleh dengan cara elektret. Hal ini dikarenakan pada pengendap debu secara elektrostatis, *supply* dihubungkan dengan elektroda yang selanjutnya digunakan sebagai filter sehingga muatan pada elektroda besar dan filter tersebut mempunyai gaya tarik yang besar.

Untuk pengendap debu secara elektret, dapat diambil kesimpulan bahwa debu yang diperoleh dengan cara elektret lebih sedikit daripada debu yang diperoleh dengan cara elektrostatis. Hal ini dikarenakan *supply* hanya digunakan sebagai polarisator pada polimer, dan

selanjutnya polimer digunakan sebagai filter pengendap debu.

Sehingga gaya tarik pada pengendap debu secara elektret tidak sebesar pengendap debu secara elektrostatis.

## V. PENUTUP

Pembangkit tegangan tinggi DC *full wave Walton cockcroft* telah dirancang dan diaplikasikan sebagai pengendap debu secara elektret, dengan kesimpulan sebagai berikut :

1. Variasi tegangan tinggi yang diterapkan pada polimer berpengaruh pada massa debu yang menempel pada polimer tersebut.
2. Makin besar tegangan tinggi yang diterapkan, makin banyak debu yang menempel pada polimer.
3. Penggunaan polimer terpolarisasi menghasilkan debu yang menempel lebih banyak daripada polimer tanpa polarisasi
4. Untuk aplikasi pengendap debu, mika lebih baik daripada polypropilene.
5. Debu yang menempel pada polimer baik dengan polarisasi setengah gelombang dan tegangan penuh dengan tegangan yang sama tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan.
6. Debu yang diperoleh dengan cara pengendapan debu secara elektret dan dengan cara elektrostatis, lebih banyak debu yang diperoleh secara elektrostatis.

### 5.1 Saran.

1. Untuk menjaga agar efektifitas alat pengendap debu tetap baik, maka perlu diadakan pembersihan baik pada lempeng aluminium polarisator maupun pada polimer yang digunakan.
2. Proses pembersihan sebaiknya dilakukan diluar ruangan agar debu yang telah diendapkan tidak kembali ke dalam ruangan dan kembali menjadi polutan di udara

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jilendra, *Biophysical Bone Behavior: Principle and Application*, <http://Googlebooks.com>, 2009
- [2] Engineer Savior- Blaze Lab, *Experiment 15 – Cockcroft Walton Multiple*, <http://www.blazelabs.com/e-exp15.asp.htm/>, 2009
- [3] *Voltage Multiplier*, <http://wikipedia.com>, 2009
- [4] US Patent-No.4902306, <http://www.patentstrom.com>, 2009
- [5] *Polimer Konduktif*, <http://wikipedia.com>, 2009
- [6] Imam,M., *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Adiktif*, Traksi Vol. 2, Desember 2005.
- [7] Iswanto, A., *Polimer Komposit*, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan, 2005.
- [8] ---, *Polimer*, Bahan Ajar material Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, 2008.
- [9] ---, *HEPA Air Filter*, <http://TargetWomen.com>, 2009
- [10] *Electret*, <http://wikipedia.com>, 2009
- [11] Katroppe,P., *Measurement Thoron Using Electret Ion Chamber*,1994
- [12] Youn, K. *Investigation on Charge Using Electric Force Microscopy*, 2005.
- [13] Chi, K., *Dielectric Phenomena In Solid*, Prentice Hall, <http://Googlebook.com>, 2003.
- [14] ---, *Electret-What It is and How It's Work*, <http://setyoufree-leforo.com>, 2005.
- [15] James, R., *Electronic Field and Energy*, Prentice Hall, 1989.
- [16] Sugato, *Kapasitor: Antara Model dan Realita*, Desember 1994.
- [17] ---*GuideLines On Air Handling In The Food Industry*, <http://food-info.net>, 2006.
- [18] Halliday, D., *Fisika*, Erlangga , Jakarta. 1994.
- [19] Habibi, *Tugas Akhir Pembangkitan Tegangan Tinggi Bolak-Balik Frekuensi Tinggi Menggunakan Kumpanan Tesla*, Semarang, 2007.
- [20] ---, *Electrostatic Air Filters*. [http://www.askhebuilder.com/273\\_Elektrostatik](http://www.askhebuilder.com/273_Elektrostatik)

- Air\_Filter\_-\_I\_Like\_Mine\_.shtml
- [21] ---*Static Control and Web Cleaning In Printing Industry*, SIMCO Article, <http://SIMCO.com>, 2009
- [22] Abduh, S., *Teknik Tegangan Tinggi Dasar Pembangkitan dan Pengukuran*, Salemba Teknika, Jakarta, 2003.
- [23] Tobing, B.L., *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.
- [24] Tobing, B.L., *Peralatan Tegangan Tinggi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.
- [24] Tobing, B.L., *Peralatan Tegangan Tinggi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.
- [25] K,Nanang. T.Kurniawan, M.Nugroho, *Perancangan Electrostatic Precipitator Pada Cerobong Gas Buang Boiler sebagai Penangkap Limbah Debu Di PG. Gempolkerep*. PKMI ITS, Surabaya, 2006.
- [26] ---, *SNI 2016-7058-2004 Pengukuran Kadar Debu Total di Udara Tempat Kerja*, <http://www.bsn.or.id/SNI/download/Nov2004/SNI%2016-7058-2004.pdf/>. 2009



**Achmad Raditya Hutama (L2F004450)**  
Lahir di Surakarta 23 maret 1986. Saat ini menempuh pendidikan di jurusan teknik elektro progam studi arus kuat.

Menyetujui dan Mengesahkan

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir.Agung Warsito. DHET  
NIP. 195806171987031002  
Tanggal : .....

Abdul Syakur , S.T., M.T.  
NIP. 197204221999031004  
Tanggal : .....