

PEMANFAATAN ELEKTROSTATIK PRECIPATOR UNTUK MENGURANGI KADAR DEBU DALAM SUATU RUANGAN BERBASIS MIKROKONTROLLER

Aris Hendro Sasongko¹, Hendik Eko Hadi S², Renny Rakhmawati²
Mahasiswa Teknik Elektro Industri¹, Dosen Elektro Industri PENS-ITS²
Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111
Telp (+62) 031-59447280 .Fax (+62) 031-5946114
Email: aris.hendro@gmail.com

ABSTRAK

Dalam era kehidupan saat ini keberadaan akan udara bersih semakin sulit untuk ditemui, hampir dalam setiap daerah polusi udara merupakan hal yang biasa terjadi. Polusi udara terjadi disebabkan oleh asap dari kendaraan bermotor, limbah asap dari industri maupun rumah tangga, debu dan juga asap rokok. Polusi yang berada dalam udara menyebar dan melayang – layang dalam waktu lama yang bila masuk dalam sistim pernafasan akan membahayakan kesehatan manusia.

Pada tugas Proyek Akhir ini akan di rancang sebuah alat pengendap debu, konsep ini diambil dari sistim pada *electrostatic precipator*. Debu akan menempel pada sebuah lempengan logam yang telah dialiri listrik tegangan tinggi DC sebagai salah satu efek dari gejala elektromagnetik. Tegangan tinggi DC dihasilkan dari pembangkit tegangan tinggi *walton cockcroft* sehingga logam yang dialiri memiliki gaya tarik terhadap partikel lain, dan logam tersebut digunakan sebagai pengendap debu. Pengujian menunjukkan tegangan tinggi DC yang dibangkitkan sebesar 3223,2 V, dan terjadi penangkapan debu secara elektromagnetis. Pengaplikasian dari proyek akhir ini di harapkan dapat mengurangi kadar debu dalam suatu ruangan.

Kata kunci : *electrostatic precipator, tegangan tinggi DC, walton cockcroft.*

ABSTRACT

In this era the existence of clean air is more difficult to find, almost in every area the air pollution is a common thing. Air pollution occurs due to the fumes from motor vehicles, smoke of industrial waste or household, dust and cigarette smoke. Air pollution that are spread out and floated in the air for long time, and when it enter human body through respiratory system it will endanger human life.

In this final project assignment will be designing a dust settling tools; the concept is taken from the system of electrostatic preceptor. Dust will stick to the metal plate that has high voltage direct current electricity as one of the effect of electromagnetic phenomena. High voltage DC generated from the high voltage generator Walton Cockcroft, so the metal that flow whit the high voltage has a tensile strength against other particles, and that metal is used as the dust settling. After tested this project show that high voltage generated is 3223,2 volt and show dust collection by electromagnetic phenomena. The application of this final project is to reduce the level of dust in a room.

Key words: *electrostatic preceptor, high voltage DC, Walton Cockcroft.*

1. PENDAHULUAN

Udara merupakan unsur yang sangat penting untuk mempertahankan kehidupan manusia, binatang dan tumbuh-tumbuhan. Tanpa adanya udara, maka tidak akan ada kehidupan, oleh

karena itu sangatlah penting bagi umat manusia untuk menjaga kebersihan udara yang dihirupnya.

Salah satu kebutuhan yang sangat mendesak bagi manusia saat ini adalah tersedianya udara

bersih, karena udara bersih adalah mutlak untuk kesehatan. Dewasa ini udara bersih merupakan suatu hal yang sangat langka. Kemajuan teknologi selain memberikan efek positif bagi kehidupan manusia juga menyebabkan efek negatif. Salah satu contohnya adalah terjadinya pencemaran lingkungan. Pada kota besar seperti Jakarta dan Surabaya, tingkat pencemaran masih sangat tinggi walaupun usaha untuk mengurangi pencemaran masih terus dilakukan. Partikel polutan dari asap kendaraan bermotor dan industri, debu dan asap rokok menyebabkan polusi udara.

Mengingat sangat sulitnya memperoleh udara bersih saat ini. Udara saat ini telah terkontaminasi oleh gas – gas polutan dari asap kendaraan bermotor, industri, debu dan asap rokok. Udara yang terpolusi ini memberikan dampak negatif pada kesehatan seperti gangguan pernapasan atau alergi debu.

Salah satu indikator pencemaran udara untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan dan keselamatan kerja adalah debu. Partikel debu 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.

Setiap materi termasuk debu, dapat dianggap sebagai sebuah partikel 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.

Untuk itu dalam Project akhir ini akan dibangun sebuah alat menggunakan konsep electrostatic presipator dengan metode untuk mengendapkan debu sebagai salah satu polutan dengan menggunakan medan listrik. Pembersihan udara ini dilakukan dengan cara pengendapan debu secara elektrostatis yaitu dimana partikel-partikel bermuatan akan dipisahkan secara elektrostatis yaitu muatan positif dan negatif akan saling tarik menarik oleh medan listrik dari deretan plat-plat logam

yang nantinya akan mengeluarkan udara bebas debu.

Dalam perancangan alat pengendap debu ini diperlukan suatu pembangkit tegangan tinggi DC yang mampu mengendapkan debu secara elektrostatis. Perancangan pengendap debu ini meliputi pembuatan pembangkit tegangan tinggi searah (DC) menggunakan metode Walton- Cockroft pada keadaan hubung buka / tidak berbeban, pemilihan aluminium untuk filter dan pemilihan alat – alat pendukung yaitu exhaust, vibrator (motor getar) dan sumber tegangan AC 1 phasa. Dan secara keseluruhan sistem perancangan alat pengendap debu ini akan diatur atau dikontrol oleh mikrokontroler ATmega16..

1.1. Tujuan

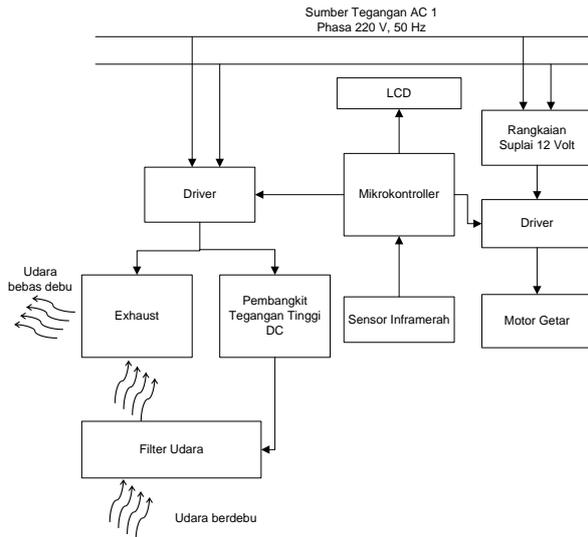
Pada Proyek Akhir ini bertujuan dalam rangka mengurangi kadar debu pada suatu ruangan dengan memanfaatkan konsep elektrostatis precipator yang pada akhirnya beakibat pada keterjaganya kesehatan kita.

1.2. Batasan Masalah

1. Perancangan pembangkit tegangan tinggi DC
Pembangkitan tegangan tinggi DC ini di lakukan dengan menggunakan rangkaian *walton cockroft*.
2. Perancangan Filter udara.
Filter udara adalah lempengan logam yang di sejajarkan dan dialiri aliran listrik tegangan tinggi DC agar dapat menarik partikel – partikel debu yang melayang-layang diudara.
3. Membahas penggunaan elektrostatis untuk mengendapkan debu dan tidak melakukan perhitungan atau pengujian muatan yang ada pada elektret..

2. PERANCANGAN SISTEM

Dalam membangun sistem, dibutuhkan beberapa variable pendukung, berikut adalah blok diagram dalam proyek akhir seperti terdapat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1. Blok Diagram system

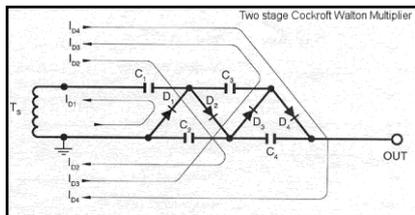
2.1. PERENCANAAN SISTEM

2.2.1. Suplai AC 1 Fasa

Suplai AC 1 fasa yang digunakan berasal dari jala-jala PLN dengan tegangan 220 volt dan frekuensi 50 Hz.

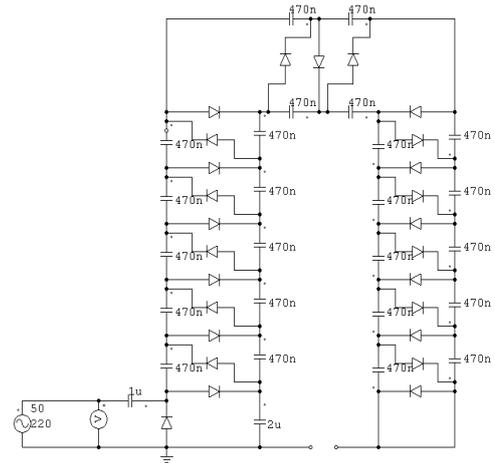
2.2.2. Pembangkit Tegangan Tinggi DC

Dalam perancangan rangkaian pembangkit tegangan tinggi DC menggunakan rangkaian Walton cockroft,



Gambar 2.2. Rangkaian Walton cockroft

Dari rangkaian waltoncockroft yang mempunyai fungsi untuk memberikan output tegangan tinggi DC, maka dibuatlah rangkaian pengali tegangan sesuai dengan gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 2.3. Rangkaian desain Pembangkit Tegangan Tinggi

Semua komponen listrik diletakkan diatas baki yang terbuat dari akrilik dengan ketebalan 3 mm, dikarenakan akrilik merupakan salah satu isolator yang baik, sedangkan di permukaan bahan tergantung pada kebersihan dari debu-debu konduktif.

Dalam rangkain pembangkit tegangan tinggi diatas komponen utamanya adalah menggunakan kapasitor, diode dan resistor, yang disusun secara bertingkat. Jarak pada lempengan aluminium dibuat 0,8 cm, sehingga tegangan yang rencana akan dibangkitkan berkisar 3000 Volt.

Pada perancangan ini digunakan rangkaian Walton cockroft diambil 13 tingkat. Dioda penyearah yang dipakai adalah dengan daya tahan 1 ampere berjumlah 26 buah dan dilihat dari kondidi pasar dan keberadaan komponen maka dipilih diode dengan tipe IND LT IN 4007.

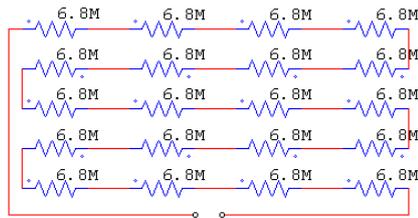
Kapasitor yang dipakai dengan 2 nilai masing-masing memiliki tipe MKP dengan nilai $1\mu F$ dan 470 nF, $80^{\circ}C, 250V$, hal ini dilakukan untuk mengurangi drop tegangan dan efisiensi *cost*.

Dibuat rangkaian tahanan seri agar memiliki tahanan besar (dibutuhkan saat

menghitung nilai tegangan keluaran), pemilihan nilai resistansi R pada beban sebesar $6.8 \text{ M}\Omega$ adalah dikarenakan nilai terbesar dari resistansi dipasaran diperoleh nilai tersebut. Sehingga diperoleh nilai tahanan beban sebesar.

$$R = 20 \times (6,8 \text{ M}\Omega \pm 5\%)$$

$$R = 136 \text{ M}\Omega \pm 5\%$$



Gambar 2.4 Rangkaian beban resistor

2.2.3. Perancangan Filter



Gambar 2.5. Perencanaan Blok Filter

Filter yang dimaksud disini adalah berupa lempengan logam yang disusun secara sejajar satu sama lain. Lempengan aluminium ini dihubungkan dengan terminal pembangkit tegangan tinggi DC dengan polaritas saling berkebalikan. Logam yang dipilih adalah aluminium karena tidak cepat panas, daya hantar listrik yang baik dan ringan serta memiliki tampilan lebih menarik.

2.2.4. Pembangkit Tegangan Searah

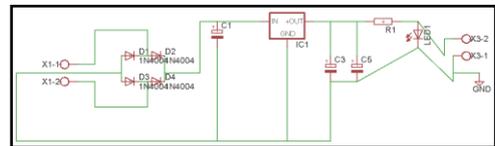
Power supply atau catu daya adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari

jaringan distribusi transmisi listrik ke level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada perubahan daya listrik.

Dalam sistem perubahan daya, terdapat empat jenis proses yang telah dikenal yaitu sistem perubahan daya AC ke DC, DC ke DC, DC ke AC, dan AC ke AC. Setiap sistem *converter* memiliki fungsi masing-masing, tetapi pada rangkaian ini menggunakan sistem perubahan AC ke DC (DC power supply)

a. Tegangan Searah 5 Volt

Rangkaian tegangan ini berfungsi sebagai suplai pada mikrokontroler agar dapat terus mensupport sistim.



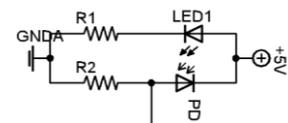
Gambar 3.6. Rangkaian Sumber Tegangan 5 V DC

b. Tegangan Searah 12 Volt

Seperti dalam sumber tegangan 5 V, hanya saja sumber tegangan 12 volt ini memiliki fungsi yang lain yaitu untuk mensuplai motor penggetar dalam system. Pembuatan sumber tegangan 12 volt tidak jauh beda dengan sumber tegangan 5 volt hanya saja dalam komponen rangkaian tegangan searah 12 volt ini komponen pada ic yang di pakai berbeda untuk tegangan searah 5 Volt.

3.2.5. Infrared Sensor

Sensor infrared terdiri dari photo diode dan infrared. Rangkaian umumnya sebagai berikut :



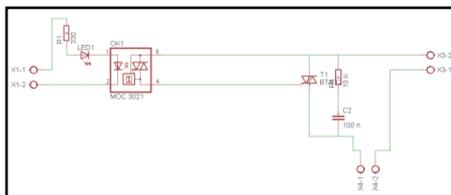
Gambar 3.7. Gambar rangkaian sensor infrared

Jika photo dioda tidak terkena cahaya, hambatan photodiode sangat besar sekali. Sesuai dengan fungsi resistor sebagai pembagi tegangan (voltage divider) maka V_o akan bernilai kecil mendekati level low (0) bila dibandingkan dengan R2 yang bernilai 22K. Kondisi ini akan berkebalikan pada saat photodiode menerima pantulan cahaya terang yaitu V_o mendekati level high (V_{cc}).

2.2.6. Driver Kontrol

a. Driver

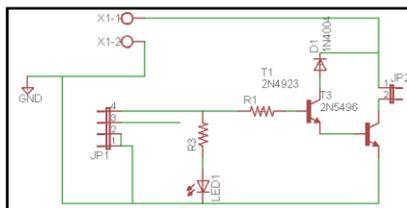
Exhaust fan digunakan untuk menarik udara agar dapat melalui filter udara untuk ditangkap debu yang masuk kedalamnya. Dalam pengontrolan exhaust fan yang bersumber 1 fasa dan memiliki motor ac, agar dapat dikontrol dengan mikrokontroller maka dibutuhkan driver, driver ini juga mengontrol switch pada pembangkit tegangan tinggi. Driver yang dibutuhkan seperti gambar sebagai berikut.



Gambar2.8. Rangkaian Driver pada exhaust Fan

b. Driver Motor

Dalam kontrol motor pengetar melalui mikrokontroller dibutuhkan driver penghubung yaitu sebagai berikut.



Gambar 2.9. Rangkaian Driver motor pengetar

2.2.7. Mikrokontroller ATmega 16

Dalam membuat rangkaian mikrokontroller memerlukan pemahaman mengenai sistem minimum dari mikrokontroller yang akan dirancang itu sendiri. Sistem rangkaian yang dirancang diusahakan menggunakan rangkaian yang seringkasan mungkin dan dengan pengkabelan yang baik, karena rangkaian tersebut bekerja pada frekuensi yang relatif tinggi.

Rangkaian eksternal yang dibutuhkan hanya berupa rangkaian :

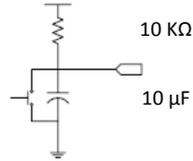
1. Clock generator CPU.
2. Automatic power up reset.
3. Regulator dan noise filter berupa kapasitor untuk menstabilkan Tegangan referensi ADC.
4. Interfacing ke rangkaian luar (tergantung kebutuhan pemakai).

Secara umum IC keluarga AVR memiliki kelebihan pada siklus kerja yaitu dibutuhkan 1 clock untuk setiap siklus kerja serta mudah dalam hal pemrograman karena menggunakan bahasa C yaitu bahasa tingkat menengah.

Mikrokontroller ATmega16 memiliki osilator internal (*on chip oscillator*) yang dapat digunakan sebagai sumber *clock* bagi CPU. Jika menggunakan osilator internal diperlukan sebuah kristal antara pin xtal-1 dan xtal-2 dan kapasitor ke ground seperti gambar XX. Untuk kristalnya dapat digunakan frekuensi dari 0 sampai 16 MHz. Sedangkan untuk kapasitor menggunakan 33 pF. Pin xtal-1 terletak pada pin 13, berfungsi sebagai input bagi inverting oscillator amplifier. Pin xtal-2 terletak pada pin 12, berfungsi sebagai output inverting oscillator amplifier.

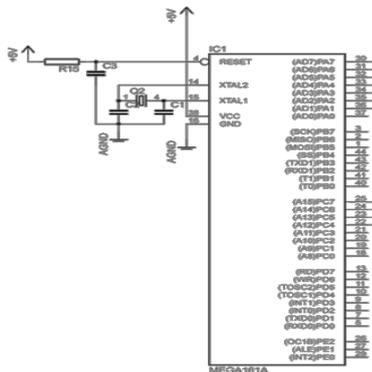
Mikrokontroller AVR ATmega16, dalam standart operasionalnya memerlukan sebuah rangkaian reset yang berfungsi untuk mengembalikan ke kondisi awal. Rangkaian reset ini

terdiri dari sebuah kapasitor dan resistor. Kapasitor yang digunakan adalah kapasitor polar (electrolit condensator "elco") dengan kapasitansi 10 μF serta resistor yang digunakan sekitar 10 K Ω .



Gambar 2.10. Rangkaian *Power Up Reset*.

Mikrokontroler tidak dapat bekerja tanpa adanya komponen dasar pendukung, yang terdiri dari rangkaian osilator dan rangkaian reset. Rangkaian osilator dan rangkaian reset terlihat seperti pada Gambar 3.11. Rangkaian reset digunakan untuk menjalankan kembali mikrokontroler ke kondisi awal. Hal ini diperuntukkan apabila terjadi error dan tidak dapat diperbaiki dan pada saat mikrokontroler mulai dinyalakan. Sehingga program berjalan mulai dari awal kembali atau dalam kata lain kembali ke alamat memori 0.



Gambar 2.11. Rangkaian minimum sistem

Rangkaian osilator digunakan sebagai pembangkit denyut clock yang membuat mikrokontroler bekerja. Rangkaian osilator terdiri dari 1 buah x-tal dan 2 buah kapasitor filter. X-tal adalah komponen pembangkit frekuensi atau disebut juga sebagai resonator. AT MEGA16 mampu bekerja dengan x-tal maximum 16 MHz dan pada proyek akhir ini digunakan x-tal 11.0592 MHz.

3. PENGUJIAN

3.1. Pengujian Mikrokontroler

Pengujian pada port mikrokontroler dilakukan untuk mengetahui apakah mikrokontroler dapat berjalan dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan dengan memberikan logika- logika pada port melalui program dan mengeceknya dengan multimeter. Atau dengan cara yang mudah, yaitu dengan menguji port dengan memasang LCD, karena LCD menggunakan hampir semua bit pada port. Bentuk fisik minimum system AT MEGA16 terlihat seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Minimum system ATMEGA 16

3.2. Pengujian Pembangkit Tegangan Searah

Sesuai dengan kebutuhan dalam tegangan searah ini adalah untuk membangkitkan tegangan searah yang digunakan untuk membantu dalam system kerja. Salah satunya adalah pembangkitan tegangan 12 volt. Dan diperoleh hasil pembacaan sebagai berikut



Gambar 3.2. Hasil pengukuran 12 Volt DC

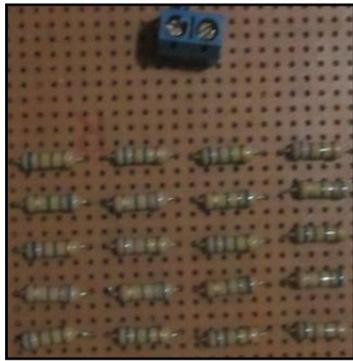
3.3. Pengujian Pembangkit Tegangan Tinggi DC

Dalam Dalam mengukur rangkaian tegangan ada beberapa macam cara yaitu diantaranya menggunakan pembagian tegangan (*voltage divider*), untuk tegangan tinggi digunakan nilai tahanan yang tinggi pula.

Cara lebih teliti adalah dengan cara mengukur arus beban. Dengan cara ini

didapat nilai tegangan lebih teliti dibandingkan dengan *voltage divider*. Cara yang lebih teliti lagi adalah dengan cara menggunakan electrostatic voltmeter, namun dalam proyek akhir ini ketelitian tidak ditekankan maka penulis menggunakan cara yang kedua dengan cara mengukur nilai arus.

Dalam menentukan nilai tahanan yang dimiliki digunakan meter ukur, namun kemampuan yang dimiliki oleh meter ukur adalah 2 digit di depan koma, sehingga penulis membuat dengan cara mengukur pada tiap baris tahanan resistor. tahanan yang dimiliki berjumlah 20 dengan nilai 6,8 MΩ per resistor, dengan dibagi menjadi 5 baris.



Gambar 3.3. Rangkaian resistor

hasil perhitungan secara teoritis diperoleh
 $R = 20 \times (6,8 \text{ M}\Omega \pm 5\%)$
 $R = 136\text{M}\Omega \pm 5\%$.

Hasil pengukuran menggunakan meter ukur diperoleh sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil Data pada resistor

Baris Ke-	Perhitungan nilai		Prosentase eror (%)
	Teori (M Ω)	Praktek (M Ω)	
1	27.2	26.98	0.81
2	27.2	26.88	1.18
3	27.2	26.72	1.76
4	27.2	26.95	0.92
5	27.2	26.77	1.58

Dalam pemasangan resistor dilakukan secara seri, sehingga dari tabel diatas dapat diperoleh nilai hambatan resistor secara menyeluruh adalah :

$$R = 26.98 + 26.88 + 26.72 + 26.95 + 26.77$$

$$R = 134.3 \text{ M}\Omega$$

Dalam pengukuran arus yang dilakukan menggunakan meter diperoleh nilai arus sebesar 24 μ A.

Dari dua data diatas dapat diketahui nilai tegangan keluaran pembangkit tegangan tinggi sebesar :

$$V = I \times R$$

$$V = 24 \mu\text{A} \times 134.3 \text{ M}\Omega$$

$$V = (24 \times 10^{-9}) \times (134.3 \times 10^6)$$

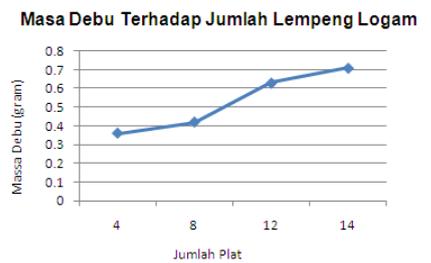
$$V = 3223.2 \text{ Volt}$$

3.4. ANALISA DATA

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan maka dapat dilakukan pembahasan – pembahasan sebagai berikut :

1. Hubungan Masa Debu yang Mengendap Terhadap Jumlah Lempengan Logam pada Filter.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah lempengan yang harus dipakai, untuk mengetahui jumlah lempengan yang akan diterapkan pada sistim. Pengujian tersebut dilakukan selama 2 jam dan diperoleh data sebagai berikut.



Gambar 3.4. Masa Debu terhadap jumlah lempeng

Dari data tersebut diatas dapat diketahui tingkat penangkapan debu lebih banyak pada lempengan dengan jumlah sebanyak 14, dalam percobaan dilakukan sebanyak 5 kali yaitu dengan menggunakan 16 lempengan namun perubahan yang

terjadi tidak terlalu besar sehingga di dalam sistim digunakan 14 lempengan logam.

2. Hubungan Masa Debu yang Mengendap Terhadap Waktu.

Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengambilan data setiap 1 jam sekali dengan maksud untuk mengetahui hubungan masa debu dengan tegangan. Diperoleh data sebagai berikut.

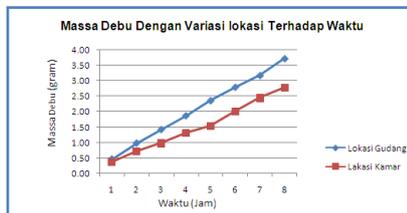


Gambar 3.5. Masa Debu terhadap Waktu

Berdasarkan data grafik diatas dapat dilihat bawa masa debu yang mengendap lebih banyak seiring dengan waktu. Semakin banyak waktu maka debu terkumpul semakin besar.

3. Hubungan Masa Debu yang Mengendap dengan Variasi lokasi.

Pengujian dilakukan dengan memberikan wariasi lokasi yang ada sehingga dapat di ketahui efektifitas filter. Dan diperoleh data sebagai berikut.



Gambar 3.6. Masa Debu Dengan variasi lokasi terhadap Waktu

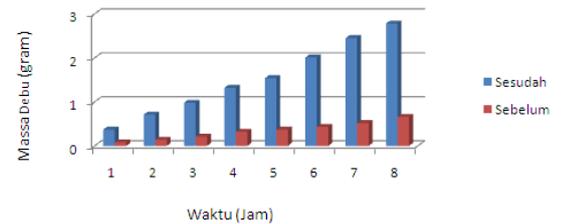
Berdasarkan dengan tabel diperoleh nilai bahwa debu bertambah dengan kenaikan waktu dan dalam data diketahui bahwa pengendapan debu

lebih baik pada gudang, hal ini disebabkan factor kebersihan dan luas ruangan kamar berukuran 3,25 x 3 m dan gudang berukuran 3 x 2,5 m sehingga penangkapan debu lebih optimal.

4. Perbedaan Masa Debu yang Mengendap Sebelum dan Sesudah Menggunakan Sistim.

Pengujian ini untuk membuktikan jumlah debu yang tertempel pada filter saat kondisi tanpa pembangkit dan saat kondisi dialiri tegangan tinggi, pengujian dilakukan selama 8 jam, untuk mengetahui perbandingan tangkapan tanpa saat awal saat ketika sistim dibiarkan saja tanpa di on kan dan saat sistim tegangan tinggi di switchkan diperoleh data sebagai berikut.

Masa Debu Sebelum dan Sesudah Pemasangan Pembangkit Tegangan Tinggi Terhadap Waktu



Gambar 3.7. Masa Debu sebelum dan sesudah pemasangan pembangkit terhadap Waktu

Dari data diatas dapat diketahui bahwa masa debu yang mengendap pada filter jauh lebih banyak saat di berikan tegangan tinggi atau saat sistim dijalankan dibandingkan dengan saat sistim sedang off. Sehingga dapat ditarik kesimpulan data bahwa debu yang terkumpul lebih efektif saat pemakaian tegangan tinggi dc telah dibangkitkan.

3. PENUTUP

3.1 Kesimpulan

1. Tegangan keluaran dengan cara membaca arus setelah beban diperoleh sebesar 3223,2 Volt, perhitungan dilakukan dengan mengalikan nilai arus yang terbaca dengan nilai resistansi.
2. Banyak debu mengendap di filter selain dipengaruhi oleh elektrostatik juga dipengaruhi oleh kondisi kebersihan dari ruangan dan keadaan sirkulasi udara.
3. Untuk tetap menjaga alat penggendap debu ini maka filter aluminium perlu dibersihkan dan di jemur agar keterjagaan elektrostatik tetap ada. Dikarenakan akibat dari debu yang menempel mengakibatkan penutupan penghasilan medan elektromagnetik, perawatan terhadap filter tersebut dilakukan dalam waktu yang lama semisal satu bulan sekali.
4. Pemanfaatan peralatan ini difungsikan pada suatu ruangan yang memiliki tingkat debu yang tinggi semisal pada bengkel atau pada pengolahan padi menjadi beras.

4. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kind, Dieter,. Pengantar Teknik eksperimental Tegangan Tinggi, ITB, Bandung, 1993.
- [2] Naidu, M S. High Voltage Engineering second edition, Tata MacGraw-hill Publishing, New Delhi, 1995.
- [3] Engineer Savior- Blaze Lab, Experiment 15 – Cockcroft Walton Multiple, <http://www.blazelabs.com/e-exp15.asp.htm>, Desember 2006.
- [4] Iwan, T. B., Ion Negatif Penyebab Utama Sindrom Gedung Rumah Sakit dan Bukan Pencemaran Mikroorganisme, <http://www.medikaholistik.com> , Juli 2006.
- [5] Tjiang, T.S., “Studi tentang pengali arus searah sistim Cocroft Walton, 2000 volt”, UK Petra, Surabaya, 2007.
- [6] [www.unhas.ac.id/Penyakit Paru Akibat Debu Industri.pdf](http://www.unhas.ac.id/Penyakit_Paru_Akibat_Debu_Industri.pdf), 2008.
- [7] Antarrudin, “Pengaruh Debu Terhadap Faal Paru Pekerja”, USU, www.repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/6409/1/paru-antaruddin.pdf , 2008.

[8] Syakur, Abdur, “Aplikasi Tegangan Tinggi DC Sebagai Pengendap Debu Secara Elektrostatik”, Undip, Semarang,2009.

[9] Datasheet of Mikrokontroller AT Mega 16.