

# Prototype Pembersih Udara Menggunakan Teknologi Plasma Berbasis Mikrokontroler

M. Fu'at Amin Nurdiansyah, Totok Winarno, Siswoko

**Abstrak** — Perwujudan kualitas lingkungan yang sehat merupakan bagian pokok dibidang kesehatan. Udara sebagai elemen penting dalam kehidupan harus dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi makhluk hidup untuk hidup secara optimal. Umumnya polutan mengandung banyak CO yang tentunya sangat berbahaya bagi tubuh, oleh karena itu dengan alat pembersih udara ini diharapkan dapat meminimalisir kadar polutan didalam polusi. Alat ini menggunakan metode PID sebagai kontroler untuk pengatur kecepatan pada *exhaust fan*. Prinsip kerja alat ini ketika salah satu sensor gas mendeteksi adanya polutan maka exhaust fan akan berputar menyerap udara dan nantinya akan di alirkan menuju reaktor plasma yang nantinya diionisasikan menjadi gas yang tidak berbahaya menggunakan tegangan tinggi. Apabila polutan yang terdeteksi oleh sensor masih dalam batas aman, maka exhaust fan akan berputar normal, namun ketika kadar polutan yang terdeteksi melebihi batas aman maka *exhaust fan* akan berputar semakin cepat. Proses akan selesai apabila udara yang dideteksi sensor sudah dibawah dari setpoint. **Kata Kunci** – Arduino Uno, PID, *Flyback Transformer*, Teknologi Plasma.

## I. PENDAHULUAN

Industri yang bergerak dibidang proses banyak menggunakan kontrol PID dalam melakukan pengontrolannya. Hal ini dikarenakan kontrol PID yang menggunakan algoritma sederhana namun memberikan hasil pengontrolan yang baik. PID juga bisa diterapkan dalam proses pengontrolan exhaust fan guna memberikan hasil akhir yang efisien.

Proses pembersihan udara yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan tegangan tinggi DC dengan pembangkitan sinyal pulsa melalui IC ne555 untuk menghasilkan gelombang kotak dengan frekuensi yang dapat diatur. Kontroler PID digunakan untuk mengatur putaran exhaust fan agar sesuai dengan kadar polutan yang terdeteksi oleh sensor gas.

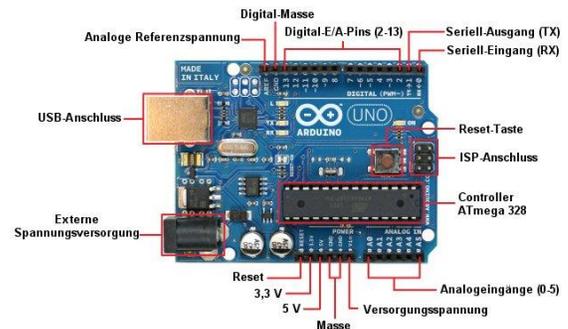
M. Fu'at Amin Nur Diansyah adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang, email: fuat.nurdiansyah@gmail.com. Totok Winarno dan Siswoko adalah dosen Jurusan Teknik Politeknik Negeri Malang

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan.

Sebuah mikrokontroler minimal mempunyai unit pemroses data (CPU), unit penyimpanan (RAM/ ROM ) dan port input/output (Port I/O). ATmega 16 adalah salah satu jenis mikrokontroler CMOS 8-bit buatan ATMEL keluarga AVR. IC ATmega 16 mempunyai empat buah port. Port A sebagai input pengonversi dari sinyal analog menjadi sinyal digital. Port B dapat difungsikan sebagai port download dan upload program. Port C sebagai port I/O biasa. Dan port D dapat digunakan sebagai port komunikasi serial



Gambar 1 Arduino Uno R3

### 2.2 Pengendali PID

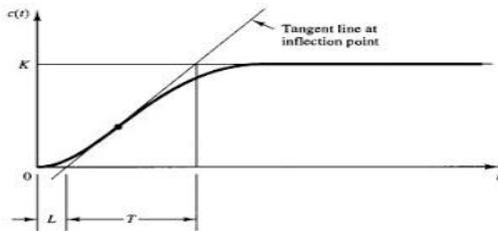
PID merupakan kontroler berumpan balik yang terdiri dari 3 jenis pengaturan yang saling dikombinasikan yaitu P (*Proportional*), I (*Integral*), D (*Derivative*). Setiap kontroler memiliki kekurangan dan kelebihan masing – masing tetapi dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel atau seri yang secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan offset, dan menghasilkan perubahan awal yang besar.

Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi dari ketiga parameter P, I, dan D. Parameter –

parameter tersebut tidak bersifat independen, sehingga pada saat salah satu nilai konstantanya diubah, maka mungkin sistem tidak akan bereaksi seperti yang diinginkan. Ketiga kontroler tersebut dapat dipakai bersamaan maupun sendiri – sendiri tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu plant.

Tuning pengontrol PID dapat mengoptimalkan sistem proses dan meminimalisir error antara variabel proses dan set point. Metode Trial and Error adalah salah satu metode tuning pengontrol tradisional yang dilakukan berdasarkan pengalaman dan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Selain itu ada metode Cohen-Coen dan metode Ziegler - Nichols, namun Cohen Coen biasanya hanya digunakan untuk sistem open loop. Sedangkan Ziegler – Nicols dapat digunakan pada sistem *open loop* dan *closed loop*. Metode ini merupakan metode tuning PID untuk menentukan nilai *proportional gain*  $K_p$ , *Integral Time* (Ti), dan *Derivative Time* (Td) berdasarkan karakteristik respon transient dari sebuah plant atau sistem. Metode Ziegler Nichols dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. Nilai PID diperoleh dari hasil percobaan dengan memasukkan unit – step, hasilnya nanti akan terbentuk kurva berbentuk huruf S. Kurva S memiliki karakteristik dengan dua buah konstanta, yaitu waktu tunda L dan time constant T. Kedua parameter tersebut diperoleh dengan menggambar garis tangensial pada titik infleksi kurva S.



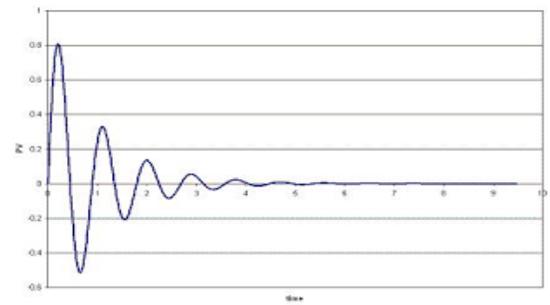
Gambar 2 Kurva Tanggapan Berbentuk S

maka dapat diperoleh nilai  $K_i$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  seperti tabel dibawah :

Tabel 1 Penalaan Ziegler-Nichols

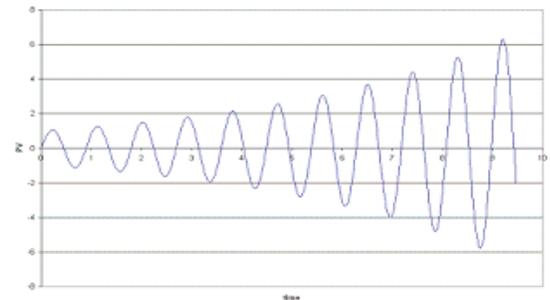
PENGENDALI	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$T/L$	-	-
PI	$0,9T/L$	$3L$	-
PID	$1,2T/L$	$2L$	$L/2$

- b. Pada metode kedua ini, percobaan dilakukan dengan menggunakan proportional band saja. Nilai  $K_p$  dinaikkan dari 0 hingga tercapai nilai  $K_p$  yang menghasilkan osilasi yang konsisten. Nilai kontroler gain ini disebut sebagai *critical gain* ( $K_{cr}$ ). Jika  $K_p$  ini terlalu kecil, sinyal *output* akan teredam mencapai nilai titik keseimbangan setelah ada gangguan, seperti terlihat dibawah ini.



Gambar 3 Sistem Teredam

Sebaliknya, jika  $K_p$  terlalu besar maka osilasinya akan tidak stabil dan membesar, seperti gambar dibawah.

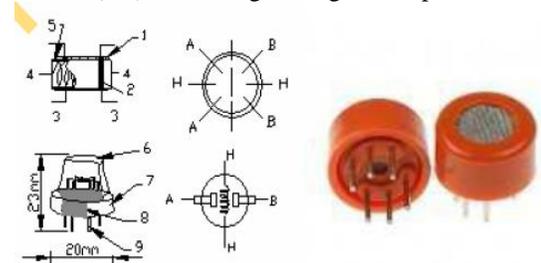


Gambar 4 Sistem Tidak Teredam

Jika dengan metode ini tidak diperoleh osilasi yang konsisten, maka metode ini tidak dapat digunakan. Dari metode ini akan diperoleh nilai *critical gain* ( $K_{cr}$ ) dan *periode kritis* ( $P_{cr}$ ).

2.3 Carbon Monoxide Sensor(MQ-7)

Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistansi analog di pin keluarannya. Sensor ini sangat cocok untuk mendeteksi gas CO dengan jangkauan pendeteksiannya mulai dari 20 sampai 2000 ppm (*Part per Million*). *Output* sensor berupa resistansi analog. Rangkaian *driver* pun sangat sederhana, yang dibutuhkan hanya suplai daya 5V untuk *heater coil*, menambahkan resistansi beban (RL), dan menghubungkan output ke ADC.



Gambar 5 Struktur Carbon Monoxide Sensor (MQ - 7).

2.4 Plasma

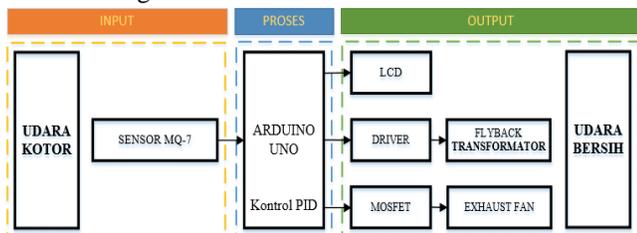
Konsep tentang plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928. Mereka mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi dalam

lucutan listrik, jadi plasma dapat juga didefinisikan sebagai percampuran kuasinetral dari elektron, radikal, ion positif dan negatif. Percampuran antara ion-ion yang bermuatan positif dengan elektron-elektron yang bermuatan negatif memiliki sifat-sifat yang sangat berbeda dengan gas pada umumnya dan materi pada fase ini disebut fase plasma. Maka secara sederhana plasma didefinisikan sebagai gas terionisasi dan dikenal sebagai fase materi ke empat setelah fase padat, cair, dan fase gas.

Penggunaan plasma lucutan pijar korona untuk pereduksian gas buang didasari atas sifat plasma jenis yakni mudahnya plasma tersebut menghasilkan senyawa – senyawa radikal bebas. Berbagai penelitian yang dipublikasikan menunjukkan bahwa keuntungan utama pada proses pereduksian oleh plasma tersebut adalah dapat dengan mudah menseleksi energi listrik yang ditransferkan ke elektron agar mampu mengionisasikan gas yang dalam hal ini emisi gas.

### III. METODOLOGI

#### 3.1 Perancangan Sistem



Gambar 6 Block Diagram Sistem

#### 3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sistem pada penelitian ini dapat dilihat dan dijelaskan dari masing-masing blok diagram diatas.

1. Sensor MQ-7 sebagai sensor untuk mendeteksi gas CO (karbon-monoksida).
2. Arduino Uno R3 sebagai kontroler masukan dari sensor dan mengeluarkan *output* pada filter udara, *exhaust fan*, dan LCD.
3. *Power supply* sebagai catu daya pada bagian – bagian sistem tersebut yang membutuhkan energi dari jala – jala.
4. Filter Udara Ionisator sebagai proses ionisasi dari gas – gas polutan yang dilewatkan menggunakan teknologi plasma lucutan pijar korona dengan tegangan tinggi.
5. Exhaust Fan sebagai penghisap gas dengan pengaturan kecepatan putar kipas terhadap konsentrasi kadar polutan.
6. LCD sebagai penampil data konsentrasi kadar polutan.
7. *Flyback* sebagai pembangkit tegangan tinggi bersumber dari *power supply* dengan *driver IC NE555* sebagai pembangkit pulsa.

#### 3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dari sistem yang akan dibangun meliputi inialisasi I/O register dan variable sistem utama,

pembacaan sensor MQ-7, pengaturan *driver flyback*, pengaturan *exhaust fan*, Perancangan *Power Supply*, Perancangan kontrol PID, tampilan LCD.

#### 3.4 Prinsip Kerja

Prinsip kerja dari alat pembersih udara menggunakan teknologi plasma berbasis mikrokontroler adalah ketika sensor gas mendeteksi adanya polusi udara diluar batas aman manusia maka sistem akan berjalan dan output dari sensor akan diteruskan ke arduino uno sebagai input. Setelah data diproses oleh arduino menggunakan berbagai protokol, maka exhaust fan akan berputar sesuai dengan kadar polutan yang terdeteksi. Apabila tingkat polutan yang terdeteksi melebihi batas aman, maka mosfet akan mengontrol exhaust fan berputar lebih cepat. Begitu sebaliknya, apabila tingkat polutan yang terdeteksi masih dalam batas aman, exhaust fan akan berputar sewajarnya dan apabila sensor tidak mendeteksi adanya polutan maka sistem akan berhenti. Gas yang terserap exhaust fan akan dialirkan menuju reaktor plasma dengan konfigurasi kawat silinder yang berfungsi sebagai elektroda. Elektroda ini terdiri atas dua bagian utama, yaitu kawat sebagai elektroda positif dan silinder tabung sebagai elektroda negatif (ground). Gas yang masuk dalam reaktor akan mengalami pereduksian akibat berinteraksi dengan plasma sehingga akan terbentuk radikal – radikal bebas. Ion – ion dan radikal bebas akan saling berinteraksi sehingga dapat mengubah gas tersebut kedalam senyawa lain dan akan dikeluarkan melalui exhaust fan outlet.

### IV. HASIL DAN ANALISA

#### 4.1 Pengujian Sensor MQ-7

Pengujian sensor ini dilakukan dengan memberikan asap rokok yang mengandung gas CO terhadap muka luar sensor dengan diberikan sumber tegangan input sebesar 5 VDC.

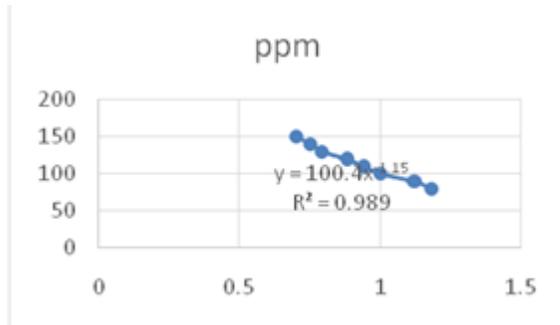
Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor MQ-7

No	ADC	PPM
1	41	2
2	81	12
3	105	18
4	141	27
5	169	34
6	241	52
7	333	75
8	425	98
9	477	108

PPM ini didapatkan dari konversi nilai tegangan keluaran dari sensor. Pertama mengambil data dari grafik datasheet sensor mengenai Rs/Ro terhadap kadar gas PPM.

**Tabel 3** Sensitivitas Rs/Ro dengan PPM Sensor MQ-7

No	Rs/Ro	PPM
1	0,7	150
2	0,75	140
3	0,79	130
4	0,88	120
5	0,94	110
6	1	100
7	1,12	90
8	1,18	80



**Gambar 7** Grafik Sensitivitas Rs/Ro terhadap PPM

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa nilai R = 0,9899, yang artinya tingkat keakuratannya berkisar 98,9% dan selisih antara data kesatu, kedua dan seterusnya tidak berbeda jauh. Nilai  $y = 100,46 x^{-1,159}$  adalah nilai yang akan digunakan untuk konversi tegangan ke PPM, x mewakili kadar gas dalam PPM dan y mewakili nilai Rs/Ro.

4.2 Pengujian LCD

Pengujian pada rangkaian ini dilakukan untuk memastikan bahwa jalur antara LCD, I2C dan *arduino UNO* telah terhubung. Pengujian ini bertujuan mengetahui LCD 20x4 dapat menampilkan karakter sesuai dengan yang terprogram pada *arduino UNO*.



**Gambar 8** Hasil Pengujian LCD

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa LCD 20x4 dalam keadaan baik dan dapat digunakan. Rangkaian vcc dan ground dapat bekerja dengan baik, dibuktikan dengan menyalnya lampu *back light*, kemudian untuk datanya juga berfungsi karena karakter dapat ditampilkan pada display LCD.

4.3 Pengujian Driver Flyback Transformator

*Flyback Transformator* dioperasikan dengan *switching* frekuensi tinggi antara 15 KHz – 50 KHz, sehingga dibutuhkan rangkaian untuk menghasilkan proses *switching*. Rangkaian *switching* atau *driver flyback transformator* adalah pembangkit gelombang pulsa karena terdapat rangkaian osilator dengan menggunakan IC NE555 sebagai pembangkit pulsa dengan frekuensi tinggi.



**Gambar 9** Gelombang Pulsa Hasil Pengujian Rangkaian Driver Flyback

Gambar gelombang pulsa diatas diambil menggunakan osiloskop Periode per div 5  $\mu$ s. Berdasarkan hasil dari pengukuran menggunakan osiloskop dapat diketahui bahwa nilai dari frekuensi rangkaian ini berkisar 36,3 KHz.

4.4 Pengujian Driver Exhaust Fan

Driver ini berfungsi untuk mengatur dari kecepatan motor exhaust fan, kecepatannya dapat dikendalikan melalui pulsa PWM yang diberikan melalui *aduinu UNO*.

**Tabel 4** Hasil Pengujian Driver Exhaust Fan

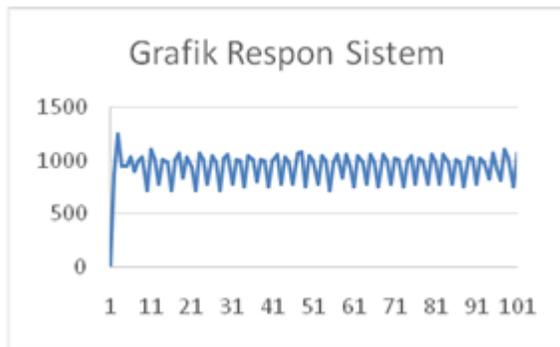
PWM	V Hit	V Multi	Error (%)
16	0,75	0,8	6%
32	1,5	1,6	6,25%
64	3	3,1	3,2%
128	6	6,1	1,6%
255	12	12	0%

Pada tabel 4 hasil pengujian *driver Exhaust Fan* dengan membandingkan dua variable tegangan yaitu tegangan teori dengan tegangan Multimeter didapatkan persentase error rata – rata 3,41 %. Error tersebut masih tergolong kecil, yaitu tidak lebih dari 5 % dan kemungkinan error yang terjadi bisa dikarenakan penggunaan alat ukur multimeter analog yang tingkat keakurasinya rendah, atau juga bisa disebabkan karena output dari powersupply yang tidak stabil.

4.5 Pengujian Metode Osilasi

Pengujian metode osilasi PI *Ziegler-Nichols* pada penelitian ini dilakukan dengan memasukkan nilai Kp, Ki dan Kd. Hal ini bertujuan untuk menentukan apakah metode ini

mampu mengontrol kecepatan putar *exhaust fan* dengan baik sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.



**Gambar 10** Grafik Perubahan kecepatan terhadap waktu dengan kontrol PID

Dengan memberikan set point 1000 RPM dengan  $K_p = 3$ ,  $K_i = 2$ ,  $K_d = 1,125$  maka akan dihasilkan respon kecepatan terhadap waktu seperti yang terlihat pada gambar 10.

**Tabel 5** Nilai Parameter menggunakan kontroler PID

No.	Parameter	Nilai
1	<i>Error steady state</i> (%Ess)	4 %
2	<i>Max Overshoot</i> (%Mp)	1240 RPM
3	<i>Settling Time</i> (Ts)	12 s
4	<i>Time Delay</i> (Td)	3,5 s
5	<i>Rise Time</i> (Tr)	2 s

Dari hasil variasi nilai beberapa sampel diatas didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan metode Ziegler – Nichols untuk mencari nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  tidak selalu mendapatkan nilai sistem stabil sesuai yang diharapkan, bisa terjadi karena banyak faktor, seperti salah satunya pemilihan dari kualitas komponen maupun mekanik. Sedangkan melihat hasil tabel di atas sistem dengan kontroler PID menunjukkan bahwa *Error steady state* mendekati angka 4 %, dapat menghasilkan respon waktu yang lebih cepat dan kecepatan motor menjadi lebih stabil.

4.6 Hasil dan Spesifikasi Alat :

1. Spesifikasi alat :
  - Tegangan : 220 VAC
  - Arus : 3 A
2. Spesifikasi Mekanik
  - Panjang : 50 cm
  - Lebar : 25 cm
  - Tinggi : 45 cm

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat pembersih udara ( CO ) telah berhasil dibuat dan sesuai harapan. Berdasarkan pengukuran dan pengujian dapat pula diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter PID yang digunakan adalah  $K_p = 3$ ,  $K_i = 2$ , dan  $K_d = 1,125$  sebagai konstanta yang digunakan untuk pengaturan kecepatan dari *exhaust fan*.
2. Dengan menggunakan metode PID (*Proportional Integral Derivative*), kecepatan dari *exhaust fan* dapat dikendalikan dengan baik dan hasil kecepatan yang dihasilkan dapat berbanding lurus dengan kepekatan gas polutan yang terdeteksi.
3. Nilai efektivitas sensor akan berkurang seiring dengan lamanya pemakaian dengan adanya bagian sensitifitas sensor yang tertutupi oleh partikel

5.2 Saran

Dari hasil pengujian dan pengukuran masih banyak ditemukan kekurangan pada alat ini, diantaranya yaitu :

1. Desain mekanik yang tergolong masih terdapat lubang untuk keluarnya udara dirasa perlu adanya penyempurnaan agar udara dapat terionisasi secara maksimal.
2. Pada tabung reaksi masih diperlukan pembersihan manual dari sisa – sisa debu yang menempel.
3. Lubang pada masukan tabung terlalu kecil jadi udara sulit untuk masuk kedalam, mungkin perlu adanya penambahan lebar diameternya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maulana, Ubaidillah. (2015). *Alat Ukur Kualitas Udara Menggunakan Sensor Gas Mq 135 Berbasis Mikrokontroler Atmega16a*. Laporan Akhir Program Studi Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Medan : Universitas Sumatera Utara
- [2] Johannes, Nugroho. (2015). *Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Berbasis Konverter Flyback*. Laporan Akhir Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro. Semarang : Universitas Diponegoro Semarang
- [3] Nita, Rachmadyanti. (2012). *Kontrol Pid Untuk Pengaturan Kecepatan Motor Pada Prototype Ayunan Bayi Otomatis*. Laporan Akhir Jurusan Teknik Elektronika. Surabaya : Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Kampus PENS-ITS Sukolilo
- [4] Jilly, Hailkal, Islam. (2013). *Rancang Bangun Alat Pendeteksi Gas Co, Co2 Dan So2 Sebagai Informasi Pencemaran Udara*. Laporan Akhir Jurusan Sistem Komputer. Surabaya : Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Teknik Komputer
- [5] Handinata, Laras, Raharjo. (2015). *Rancang Bangun Filter Udara Ionisator Dan Monitoring Konsentrasi Asap Rokok Pada Smoking Room Berbasis Mikrokontroler*. Laporan Akhir Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro. Malang : Politeknik Negeri Malang
- [6] Handy, Wicaksono. (2014). *Kontrol PID Untuk Pengaturan Kecepatan Motor DCDengan Metode Tuning Direct Synthesis*. Jurnal Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [7] Silvy, Jayanti. (2012). *Perancangan Prototype Alat Pengendalian Pencemaran SO2 dan NO2 dengan Teknologi Non Thermal Plasma*. Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri. Semarang : Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

- [8] Junaedi. (2012). *Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Direct Current Pada Sistem Electrospinning*. Batan : Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir.
- [9] Muhammad, Nur. (2011). *Fisika Plasma dan Aplikasinya*. Buku Fisika. Semarang : Universitas Diponegoro.