

Implementasi Sensor Gas pada Kontrol Lengan Robot untuk Mencari Sumber Gas

Abi Nawang Gustica, Muhammad Rivai, Tasripan
Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: muhammad_rivai@ee.its.ac.id

Abstrak—Kebakaran dapat mengakibatkan berbagai kerugian. Salah satu penyebab kebakaran yang sering terjadi yaitu kebocoran gas mudah terbakar. *Mobile robot* dengan sensor gas dapat digunakan untuk mencari sumber kebocoran. *Mobile robot* dengan sensor gas hanya dapat memposisikan sensor pada posisi terdekat sumber gas yang dapat dijangkau. Letak sumber gas yang tidak pasti sejajar dengan sensor gas pada *mobile robot*, tidak memungkinkan untuk menemukan letak sumber gas. Dengan diimplementasikannya sensor gas pada lengan robot, maka sumber gas dapat ditemukan. Dalam penelitian ini dirancang implementasi sensor gas pada kontrol lengan robot untuk mencari sumber gas. Sensor gas yang digunakan TGS 2620 yang dipasang pada ujung lengan robot. Pergerakan lengan robot ditentukan sesuai dengan *output* posisi dari sistem fuzzy. Aktuator lengan robot menggunakan motor servo yang dikontrol dengan *servo controller*. Keberhasilan terbesar adalah ketika lengan robot berada posisi 90° , karena posisi ini adalah posisi terdekat dari *set point* lengan robot. Semakin jauh letak sumber gas dari posisi *set point* lengan robot, maka keberhasilannya akan semakin kecil. Dibutuhkan pompa penyedot yang lebih kuat untuk dapat membantu sensor mendeteksi dengan jangkauan yang lebih jauh.

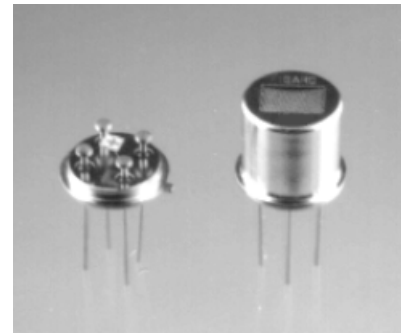
Kata kunci—sensor gas semikonduktor, lengan robot, motor servo, servo controller, sistem fuzzy

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia robotika saat ini sangat pesat. Robot dalam fungsinya digunakan untuk membantu pekerjaan manusia dalam banyak hal. Misalnya di dunia industri, robot sudah menjadi bagian utama dalam proses industri tersebut bahkan peranan robot sudah meluas tidak hanya di dunia industri saja tetapi juga di bidang militer.

Mobile robot dengan sensor gas hanya dapat memposisikan sensor pada posisi terdekat sumber gas yang dapat dijangkau. Letak sumber gas yang tidak pasti sejajar dengan sensor gas pada *mobile robot*, tidak memungkinkan untuk menemukan letak sumber gas. Untuk menangani permasalahan tersebut, maka diimplementasikan sensor pada lengan robot untuk mencari sumber gas yang dikontrol secara otomatis. Implementasi ini dapat diaplikasikan sebagai pendeteksi kebocoran gas mudah terbakar di bidang industri perminyakan. Prinsip kerja lengan robot ini dapat dipakai di bidang industri dan militer.

Ada berbagai macam jenis sensor gas sesuai dengan gas yang akan dideteksi. Pemilihan sensor harus disesuaikan dengan kebutuhan, dalam hal ini dibutuhkan sensor yang peka terhadap gas mudah terbakar. Untuk dapat menemukan posisi sumber gas tersebut, digunakan lengan robot dengan aktuator



Gambar 1. Tampilan fisik TGS 2620 dalam paket TO-5 motor servo yang dikontrol oleh servo controller.

Jumlah dan posisi sensor gas yang diimplementasikan pada lengan robot mempengaruhi kontrol gerak lengan robot. Mikrokontroler akan mengolah data-data dari sensor gas untuk melakukan eksekusi pada lengan robot.

II. METODE PENELITIAN

A. Sensor Gas TGS 2620

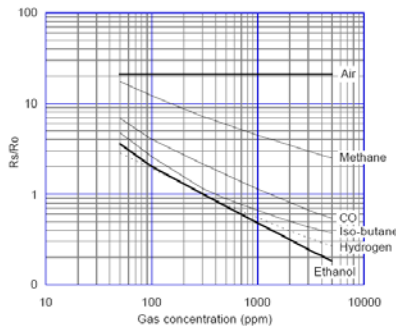
Sensor TGS 2620 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap uap larutan organik selain itu sensitif pula pada gas yang mudah terbakar seperti karbondioksida maupun hidrogen. Karena ukurannya yang kecil TGS 2620 hanya memerlukan arus untuk mengendalikan pemanas internal sebesar 42mA. Bentuk fisik TGS 2620 dirumahkan dalam paket standar TO-5. Gambar 1 ialah tampilan fisik dari sensor figaro TGS 2620.

Hubungan antara hambatan sensor terhadap konsentrasi gas adalah linier pada skala logaritmik mulai dari beberapa ppm hingga beberapa ribu ppm. Gambar 2 menunjukkan hubungan antara rasio hambatan sensor dengan konsentrasi gas.

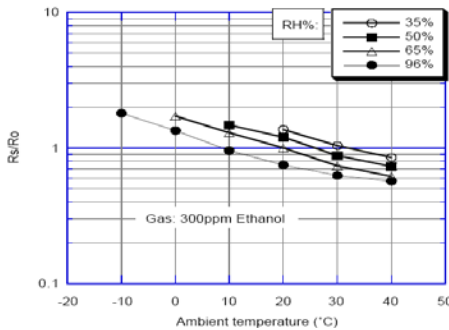
Dalam gambar tersebut merepresentasikan karakteristik sensitivitas dimana semua data diperoleh pada kondisi tes standar. Sumbu-Y menandakan rasio hambatan sensor (R_S/R_O) yang didefinisikan sebagai berikut:

R_S = Hambatan sensor yang ditunjukkan oleh sensor pada berbagai konsentrasi.

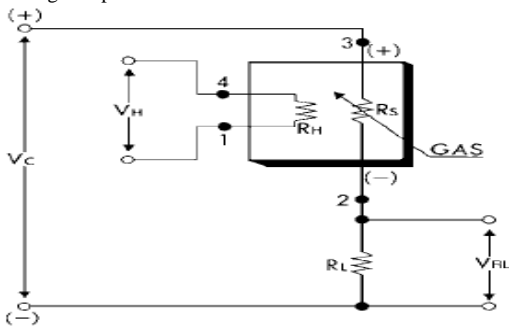
R_O = Hambatan sensor pada 300ppm ethanol



Gambar 2. Rasio hambatan sensor dengan konsentrasi gas



Gambar 3. Pengaruh perubahan suhu dan kelembaban



Gambar 4 Rangkaian dasar pengukuran.

Karakteristik sensor terhadap hubungan suhu-kelembaban ditunjukkan pada gambar 3. Sumbu-Y menandakan rasio hambatan sensor (R_s/R_o), didefinisikan sebagai berikut:
 R_s = Hambatan sensor dari 300ppm ethanol pada berbagai suhu/kelembaban.
 R_o = Hambatan sensor pada 300ppm ethanol saat suhu mencapai 20°C dan 65% R.H.

Sensor memerlukan dua buah tegangan input yakni tegangan pemanas (V_H) dan tegangan rangkaian (V_C). Tegangan pemanas (V_H) digunakan pada pemanas internal dengan tujuan untuk menjaga elemen sensor pada suhu tertentu yang optimal untuk pengukuran. Tegangan rangkaian (V_C) digunakan dalam pengukuran sehingga diperoleh tegangan (V_{RL}) melewati hambatan beban (R_L) yang dipasang secara seri dengan sensor. Sebuah ground dari rangkaian power supply dapat digunakan baik untuk V_C maupun V_H dalam memenuhi kebutuhan sensor. Nilai dari hambatan beban (R_L) sebaiknya dipilih untuk menjaga daya disipasi (P_S) dari semikonduktor dibawah batas 15mW. Daya disipasi (P_S) akan maksimum ketika nilai dari R_S sama dengan R_L pada paparan gas tertentu.

Gambar 4 menunjukkan rangkaian dasar sensor TGS 2600. Hambatan R_L yang digunakan adalah 10k dan tegangan V_c adalah 5 volt. Tegangan yang melalui hambatan beban (V_{RL}) dapat dihitung, maka untuk menghitung tegangan R_L dapat

digunakan Persamaan 1.

$$V_{RL} = \frac{R_L}{R_L + R_s} \times V_C \tag{1}$$

- V_{RL} = tegangan R_L (volt)
- R_L = hambatan beban (ohm)
- R_s = hambatan sensor (ohm)
- V_c = Tegangan rangkaian (volt)

Misalkan Hambatan sensor (R_s) adalah 10k maka:

$$V_{RL} = \frac{10k}{10k + 10k} \times 5$$

$$V_{RL} = 2.5 \text{ Volt}$$

V_{RL} adalah tegangan output sensor TGS 2600 yang diinputkan ke port ADC mikrokontroler. Untuk mengetahui nilai daya disipasi R_L dapat dihitung dengan Persamaan 2.

$$P_{RL} = \frac{(V_{RL})^2}{R_L} \tag{2}$$

$$P_{RL} = \frac{(2.5)^2}{10k} = 0.000625w$$

P_{RL} = Daya disipasi hambatan beban (watt)

B. Mikrokontroler ATmega 32

ATMega32 merupakan tipe AVR yang dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC dapat dikonfigurasi, baik *single ended input* maupun pewaktuannya, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau yang sangat fleksibel sehingga dapat dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri.

ADC ini memiliki rangkaian *Sample and Hold* yang memastikan tegangan *input* yang masuk pada ADC ditahan pada *level* konstan selama proses konversi berlangsung. ADC memiliki tegangan *supply* analog yang dipisahkan yaitu pada pin AVCC.

Setelah proses konversi selesai, hasil konversi dapat dilihat pada *Result Register* ADC (ADCL, ADCH). Untuk konversi *single ended*, hasilnya adalah pada persamaan 3

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}} \tag{3}$$

Dengan V_{IN} adalah pin *input* yang dipilih dan V_{REF} adalah tegangan referensi yang dipilih. 0x000 menunjukkan *analog ground* dan 0x3FF menunjukkan tegangan referensi dikurangi satu LSB.

Transmisi data serial dibedakan menjadi 2 macam, yaitu komunikasi data serial sinkron dan komunikasi data asinkron, perbedaan ini tergantung pada *clock* pendorong data. Dalam komunikasi data serial sinkron, *clock* untuk *shift register* ikut dikirimkan bersama dengan data serial. Sebaliknya dalam komunikasi data serial asinkron, *clock* pendorong *shift register* tidak ikut dikirim, rangkaian penerima data harus dilengkapi dengan rangkaian yang mampu membangkitkan *clock* yang bisa dipakai untuk mendorong *shift register* penerima.

Untuk keperluan tersebut terlebih dahulu ditentukan bahwa



Gambar 5 Foto XISC-32



Gambar 6 Foto Motor Servo TR213 [8]



Gambar 7 Lengan Robot 6 DOF [8]

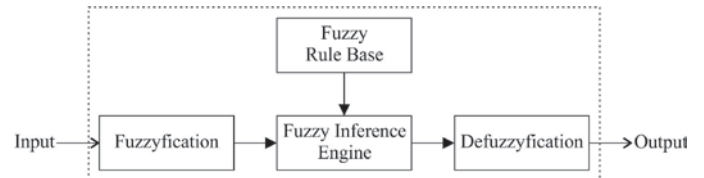
saat tidak ada pengiriman data, keadaan saluran adalah '1', saat akan mulai mengirim data 1 byte saluran dibuat menjadi '0' dulu selama 1 periode *clock* pendorong, dalam 8 periode *clock* berikutnya dikirim data bit 0, bit 1 dan seterusnya sampai bit 8, dan pada periode *clock* yang ke 10 saluran dikembalikan menjadi '1'. Dengan demikian, data 8 bit yang diawali dengan bit *start* yang bernilai '0' dan diakhiri dengan bit *stop* yang bernilai '1'. Kelompok data ini dimaksud agar rangkaian penerima bisa membangkitkan *clock* yang frekuensinya sama dengan *clock* pengirim dan fasanya disinkronkan pada awal penerimaan data 1 byte.

C. Servo Controller XISC-32

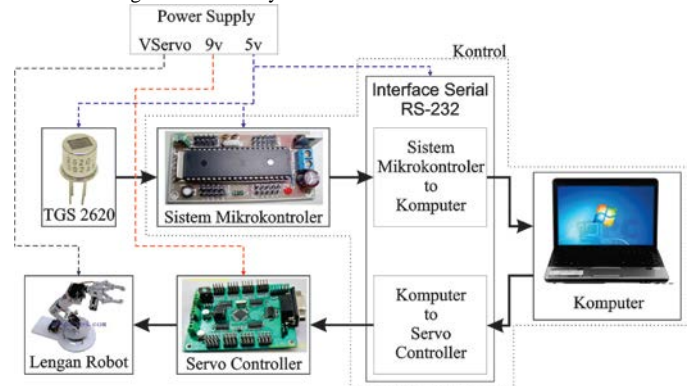
Servo controller berfungsi sebagai pengontrol motor servo dengan keluaran PWM. XISC-32 adalah salah satu servo controller dimana servo controller ini memiliki 32 chanel yang dapat mengeksekusi motor servo secara bersamaan.

D. Motor Servo pada Lengan Robot

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan duty cycle sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Sebagai komponen yang berperan untuk menggerakkan, kemampuan motor servo perlu direncanakan dan diperhitungkan dengan seksama sedemikian rupa untuk memperoleh sistem penggerak yang tepat.



Gambar 8 Diagram Blok Fuzzy Sistem



Gambar 9 Diagram Blok Sistem

E. Fuzzy System

Sistem Fuzzy adalah suatu sistem yang menggunakan himpunan fuzzy untuk memetakan suatu inputan menjadi output tertentu. Misalnya, jika anda mengetahui seberapa layanan pada restaurant tersebut, anda dapat menentukan berapa jumlah tip yang layak diberikan kepada pelayan.

Secara umum, sistem fuzzy sangat cocok untuk penalaran pendekatan terutama untuk sistem yang menangani masalah-masalah yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis. Misalkan, nilai masukan dan parameter sebuah sistem bersifat kurang akurat atau kurang jelas, sehingga sulit mendefinisikan model matematikanya.

F. Perancangan Sistem

Diagram blok dari keseluruhan sistem tugas akhir ini digambarkan pada gambar 9.

Dalam tugas akhir ini sensor yang digunakan sebanyak 2 buah dimana kedua sensor tersebut nantinya akan dijadikan *Input* Sistem fuzzy. Pendeteksian sensor akan dibaca oleh mikrokontroler dengan ADC. Hasil pembacaan tersebut dikirim ke komputer dengan komunikasi serial melalui RS-232.

Sistem fuzzy ditanam pada komputer, fuzzy ini berinputkan pembacaan sensor dengan *Output* posisi sudut dengan nilai pembacaan sensor terbesar diantara keduanya. *Output* fuzzy yang berupa posisi diterjemahkan menjadi nilai PWM untuk tiap motor servo agar dapat mencapai tujuan yaitu sumber gas atau posisi kontrasi gas terbesar yang dapat dicapai lengan robot.

Data PWM tersebut dimasukan dalam satu paket data yang dikirim dengan komunikasi serial melalui RS-232 dan menuju *Servo Controller*. *Servo Controller* akan mengeluarkan PWM yang akan dapat menggerakkan servo.

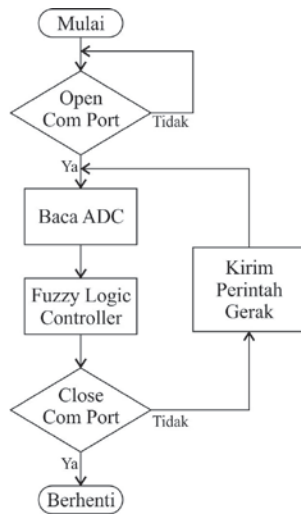
Sensor gas semikonduktor, Microcontroller, dan RS-232 diberikan supply dari sumber yang sama yaitu dengan level tegangan 5 volt. Sedangkan untuk supply *Servo Controller* diberikan level tegangan 9 volt. Sesuai datasheet motor servo TR-213 dimana supply motor servo yang diizinkan berkisar

4,8 – 7,2 volt.

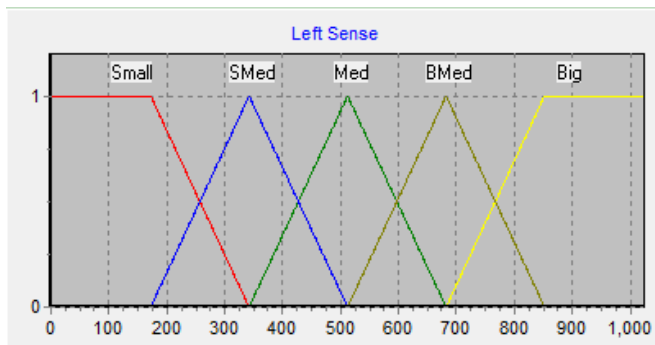
G. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras terdiri dari power supply, modul minimum system dengan RS-232, rangkaian voltage divider untuk sensor dan pompa penyedot.

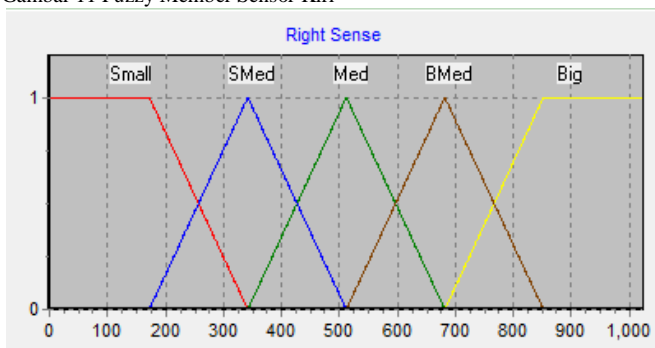
H. Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 10 Flow Chart program pada komputer



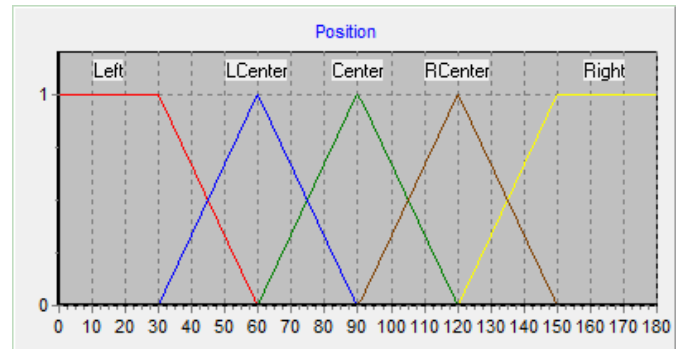
Gambar 11 Fuzzy Member Sensor Kiri



Gambar 12 Fuzzy Member Sensor Kanan

Member input yang terdiri dari pembacaan sensor kanan dan kiri dalam satuan nilai ADC sedangkan outputnya adalah posisi sudut dengan satuan derajat

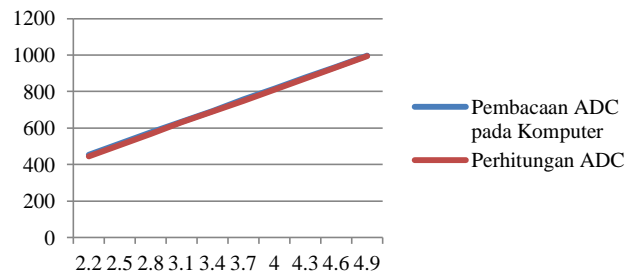
Dalam tugas akhir ini, metode *Defuzzyfication* yang digunakan adalah metode *centroid* dimana jumlah perkalian antara nilai numerik dengan derajat keanggotaannya dibagi dengan jumlah nilai numerik. Rumusan dari metode ini dituliskan pada persamaan 4:



Gambar 13 Fuzzy Member Posisi

Tabel 1. Tabel pengujian pembacaan ADC pada komputer

Masukan ke	Masukan DC (volt)	ADC terbaca komputer	Perhitungan ADC	Error(%)
1	2.2	455	446	2
2	2.5	515	507	1.6
3	2.8	577	568	1.6
4	3.1	636	633	1.1
5	3.4	694	689	0.7
6	3.7	757	750	0.9
7	4	815	811	0.5
8	4.3	876	872	0.5
9	4.6	937	933	0.4
10	4.9	998	994	0.4



Gambar 14 Grafik pengujian ADC

$$z^* = \frac{\sum \mu_C(z) \cdot z}{\sum \mu_C(z)} \dots \dots \dots (4)$$

Output dari proses *Defuzzyfication* tersebut berupa posisi, dimana nilai posisi tersebut akan diterjemahkan kedalam pengaturan PWM motor servo untuk mencapai posisi tersebut.

III. HASIL PENGUJIAN

A. Pengujian ADC

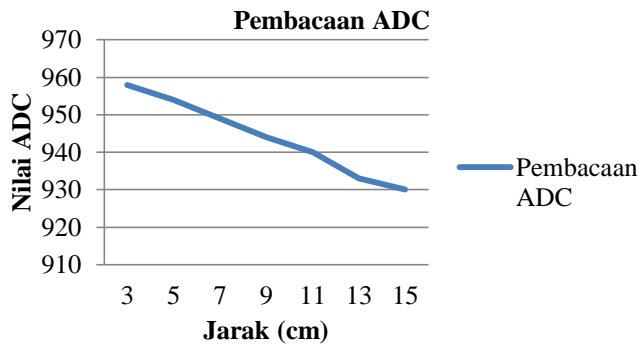
Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan potensiometer dimana tegangannya divariasikan untuk dimasukan ke port ADC mikrokontroler. Kemudian hasil pembacaan ADC tersebut ditampilkan pada program interface di komputer. ADC yang digunakan memiliki fidelitas 10 bit, maka rumus perhitungan ADC adalah sebagai berikut :

$$ADC = \frac{V_{IN} \times 2^{10}}{V_{REF}}$$

$$ADC = \frac{V_{IN} \times 1024}{5.05}$$

Tabel 2.
Pengujian Sensor Gas TGS 2620

Pengujian ke	Jarak (cm)	Pembacaan ADC
1	15	930
2	13	933
3	11	940
4	9	944
5	7	949
6	5	954
7	3	958

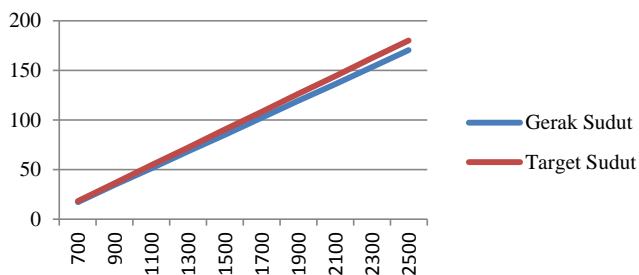


Gambar 15 Grafik pengujian Sensor Gas TGS 2620

B. Pengujian Gerak Lengan Robot

Tabel 3.
Tabel pengujian Gerak motor servo

Pengujian ke	PWM	Sudut Posisi	Target Posisi	Error (%)
1	700	17	18	5.56
2	900	34	36	5.56
3	1100	51	54	5.56
4	1300	68	72	5.56
5	1500	85	90	5.56
6	1700	102	108	5.56
7	1900	119	126	5.56
8	2100	136	144	5.56
9	2300	153	162	5.56
10	2500	170	180	5.56



Gambar 16 Grafik pengujian gerak motor servo

C. Pengujian Sensor Gas

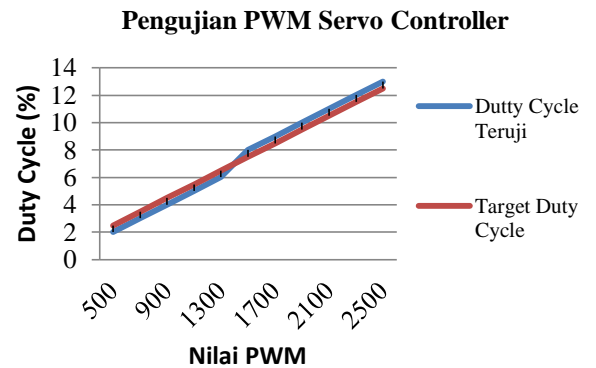
Pengujian ini dilakukan pada sensor dalam keadaan stabil pada kondisi pembacaan ADC 510 kemudian diberikan sumber gas dengan jarak tertentu, keadaan ruangan dengan suhu normal dan angin yang cukup kecil. Pengujian Sensor gas disebutkan pada table 2.

D. Pengujian Output PWM pada Servo Controller

Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data PWM dari komputer melalui komunikasi serial dan Output PWM ditampilkan pada Oscilloscope. Dari pengujian ini didapatkan nilai error antara nilai PWM yang didapat dengan nilai yang

Tabel 4.
Pengujian Output PWM pada Servo Controller

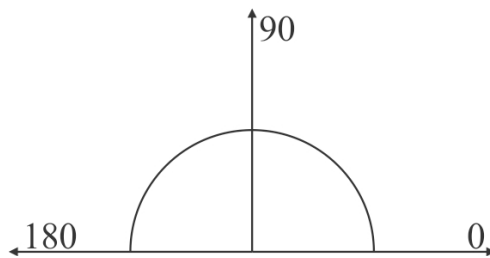
No	Data Serial PWM	Duty Cycle teruji (%)	Target Duty Cycle (%)	Error (%)
1	500	2.015	2.5	19.40
2	700	3.035	3.5	13.29
3	900	4.02	4.5	10.67
4	1100	5	5.5	9.09
5	1300	6.025	6.5	7.31
6	1500	8.01	7.5	6.80
7	1700	9.005	8.5	5.94
8	1900	10.005	9.5	5.32
9	2100	11.02	10.5	4.95
10	2300	12.01	11.5	4.43
11	2500	13.005	12.5	4.04



Gambar 16. Grafik pengujian Output PWM pada Servo Controller

Tabel 5.
Data keseluruhan sistem

Percobaan	Posisi sudut sumber gas (°)	Hasil
1	30	gagal
2	40	sukses
3	50	sukses
4	60	sukses
5	70	sukses
6	80	sukses
7	90	sukses
8	100	sukses
9	110	sukses
10	120	sukses
11	130	sukses
12	140	sukses
13	150	gagal



Gambar 17. Ilustrasi posisi lengan robot



Gambar 18. Foto Percobaan keseluruhan sistem menggunakan gas butana

diharapkan, pengujian ini dijabarkan pada table 4.

E. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilakukan dengan sistem yang lengkap dimana keberhasilan pendeteksian gas menjadi parameter dari pengujian ini. Pengujian dilakukan dengan bantuan pompa penyedot pada tube sensor gas untuk mengaliri udara melewati sensor gas. Set point posisi Servo adalah 90° Posisi lengan robot diilustrasikan pada gambar 17 dan foto percobaan sistem secara keseluruhan digambarkan pada gambar 18. Hasil pengujian disebutkan pada tabel 5

IV. KESIMPULAN

1. Keberhasilan terbesar pada sistem ini adalah ketika lengan robot berada pada posisi 90°
2. Suhu ruangan dan keadaan angin berpengaruh pada respon sensor
3. Sensor butuh waktu sekitar 3 menit untuk memanaskan elemen sensor untuk menyesuaikan konsentrasi gas dalam ruangan
4. Gerak lengan robot yang kurang akurat dengan kesalahan 6% juga menyebabkan kurang tepatnya posisi pembacaan sensor
5. Nilai resistansi dalam sensor yang berbeda pada tiap sensor mengakibatkan pembacaan posisi yang kurang tepat
6. Sensor akan stabil pada nilai *Output* tegangan 2.5 volt

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H.Barnett Richard, Cox Sarah,O’Cull Larry. 2006. Embedded C Programming And The Atmel AVR. Cengage Learning.
- [2] Winoto, Ardi. 2008. Mikrokontroler AVR AT Mega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR, Informatika. Bandung
- [3] Setiawan,Rachmad.2008. *Teknik Akuisisi Data*.Yogyakarta:Graha ilmu.
- [4] Ashfahl, C.Ray. 1985. *Robots and Manufacturing Automation*. John Wiley & Sons Inc.
- [5] W.E.Kelly, 1994, Neuron-Fuzzy Control of a Robotic Arm
- [6] Basuki, Hari S. 1996. *Lengan Robot*. Buletin IPT No 1 Vol.II.
- [7] D Sharon, J Harstein, G Yantian. 1992. *Robot dan Otomasi Industri*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- [8] <http://www.mhobbies.com/tr213-servo-180-degree-rotation-13kg-accuracy-of-0-5-degree>