

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PENGENDALI KECEPATAN EXHAUST FAN BERBASIS ARDUINO DENGAN SENSOR ASAP KARBON MONOKSIDA

(DESIGN AND IMPLEMENTATION OF CONTROL EXHAUST FAN SPEED-BASED ARDUINO WITH CARBON MONOXIDE SMOKE SENSOR)

Abdillah Alda Rosi¹, Angga Rusdinar ST., MT., Ph.D², Erwin Susanto ST., MT., Ph.D

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

abdirosi@gmail.com

Abstrak

Kebiasaan orang pada umumnya untuk merokok di area fasilitas umum yang dapat mengganggu kenyamanan para pemakai sarana umum. Oleh sebab itu dibutuhkan ruangan tersendiri untuk para perokok berat. Pada umumnya, untuk mengondisikan udara agar tetap segar di dalam ruangan merokok diperlukan exhaust yang akan mengatur sirkulasi udara. Kebanyakan exhaust bekerja secara manual, tidak diatur secara otomatis sehingga memiliki kecepatan putar yang konstan pada nilai tertentu untuk mengatur sirkulasi udara. Mengontrol kecepatan exhaust harus diatur sesuai kebutuhan berdasarkan kandungan gas karbon monoksida. Salah satu cara mendeteksi gas di dalam ruangan adalah menggunakan sensor gas karbonmonoksida MQ-7.

Sensor MQ-7 mendeteksi gas karbon monoksida yang terkandung di dalam asap rokok, maka di hasilkan nilai tegangan akan diolah oleh mikrokontroler pada arduino uno dengan metode logika fuzzy sebagai pengambil keputusan. Penentuan kecepatan exhaust fan berdasarkan logika fuzzy. Logika fuzzy akan mengolah kandungan gas karbonmonoksida yang di deteksi sensor sebagai pengambil keputusan keluaran.

Berdasarkan perancangan dan hasil pengujian, perangkat telah mampu mengontrol kecepatan *exhaust fan* berdasarkan jumlah PPM pada dua buah sensor gas MQ-7 di ruangan sebesar 98.725 %.

Kata kunci : *Exhaust*, sensor karbonmoksida MQ-7, logika fuzzy, arduino uno

Abstract

Habits of people in general to smoke in the area of public facilities that can interfere with the users of public facilities. And therefore required a separate room for smokers. In general, for the air conditioning to keep them fresh in a smoking room that will set the required exhaust air circulation. Most exhaust work manually, not automatically regulated so as to have the rotational speed that is constant at a certain value to regulate air circulation. Controlling exhaust velocity should be adjusted as needed based on the content of carbon monoxide gas. One way to detect smoke in the room is to use carbon monoxide gas sensor MQ-7. MQ-7 sensor detects carbon monoxide gas which terkandung in cigarette smoke, then the generated voltage value will be processed by the microcontroller on arduino uno with fuzzy logic method as decision makers. Determination of the exhaust fan speed based on fuzzy logic. Fuzzy logic will process the content of carbon monoxide in the gas detection sensor as an output decision makers.

The output of the design and the test result, the device has been able to control the speed of the exhaust fan based on content of ppm on MQ-7, with an accuracy of 98.725 %.

Keywords: *Exhaust*, carbon monoxide sensor MQ-7, fuzzy logic, arduino uno

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan perkembangan zaman dan perkembangan teknologi yang semakin pesat. Kebutuhan masyarakat akan perangkat-perangkat elektronik kini semakin meningkat, maka terciptalah begitu banyak perangkat dengan teknologi yang begitu inovatif sebagai penunjang kebutuhan masyarakat itu sendiri. Terutama kebutuhan akan teknologi otomatis atau sistem pintar yang tidak memerlukan pengawasan manusia setiap saat. Salah satunya perangkat dibidang kesehatan lingkungan yaitu alat untuk menjaga kestabilan udara di dalam ruangan.

Kebiasaan masyarakat pada umumnya untuk merokok di area fasilitas umum yang dapat mengganggu kenyamanan para pemakai sarana umum. Oleh sebab itu dibutuhkan ruangan tersendiri untuk para perokok berat.

Pada umumnya, untuk mengondisikan udara agar tetap terjaga segar di dalam ruangan merokok diperlukan *exhaust* yang nantinya akan mengatur sirkulasi udara asap rokok dari dalam ruangan keluar. Sedangkan yang terdapat kebanyakan adalah *exhaust* bekerja dengan kontrol manual tanpa adanya pengaturan otomatis sehingga memiliki kecepatan putar yang konstan pada nilai tertentu untuk mengatur sirkulasi udaranya. Tanpa mendeteksi kebutuhan atau kondisi udara sebenarnya yang diinginkan oleh ruangan tersebut.

Dalam tugas akhir ini dicoba untuk membuat sistem pengaturan untuk mengontrol kecepatan *exhaust* secara otomatis sehingga didapatkan *output* pengondisian udara yang lebih stabil sesuai dengan kondisi intensitas asap yang ada di dalam ruangan dengan menggunakan kontroler *logika fuzzy* untuk mendapatkan *output* yang sesuai dengan yang diinginkan oleh sistem.

Pada penerapan teknologinya menggunakan aplikasi arduino uno R3 yang akan mendapat *input* masukan dari nilai sensor asap sebelumnya. Pengaturan kecepatan dilakukan dengan switching gelombang PWM pada inverter yang nantinya juga akan menerapkan metode *logika fuzzy*.

1.2 Tujuan.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan merealisasikan sistem yang mampu mengontrol kecepatan *exhaust fan* berdasarkan kadar ppm (*parts per million*) di dalam ruangan.
2. Merancang dan merealisasikan algoritma kontrol pada sistem pengontrolan *exhaust fan* menggunakan metode *fuzzy logic*.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana cara merancang dan merealisasikan sistem yang mampu mengontrol kecepatan *exhaust fan* berdasarkan kadar ppm (*parts per million*) di dalam ruangan.
2. Bagaimana cara pemrograman *fuzzy logic* yang akan ditanamkan pada sistem kontroler.

1.4 Batasan Masalah

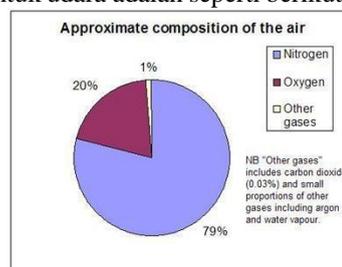
Untuk mendapatkan hasil yang spesifik sesuai dengan yang diinginkan, dalam penelitian kali ini ditentukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas jumlah orang didalam ruangan merokok (*smoking room*).
2. Ruangan dengan panjang 2 meter, lebar 1,2 meter dan tinggi 2 meter
3. Perancangan *exhaust fan* dibuat berupa prototipe menggunakan 2 sensor asap MQ-7, arduino uno, LCD
4. Pengaturan kecepatan putaran *exhaust fan* menggunakan sensor asap yang mendeteksi kandungan asap berupa gas karbon monoksida didalam ruangan
5. Perancangan berupa pengontrolan sirkulasi udara menggunakan *exhaust fan* yang dimodelkan dengan 3 kecepatan putaran kipas yang berbeda.
- 6.

2.DASAR TEORI

2.1 Udara

Udara adalah sumber daya yang berharga bagi kehidupan. Udara terdiri dari campuran gas antara lain 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% gas-gas lain seperti xenon, karbon dioksida, argon, neon, hidrogen, helium, dan kripton. Kandungan elemen senyawa gas dan partikel dalam udara akan berubah-ubah dengan ketinggian dari permukaan tanah. Demikian juga massanya, akan berkurang seiring dengan ketinggian. Semakin dekat dengan lapisan troposfer, maka udara semakin tipis, sehingga melewati batas gravitasi bumi, maka udara akan hampa sama sekali. Di antara gas-gas yang membentuk udara adalah seperti berikut:



Gambar 2.1 Komposisi Gas Di Udara

Udara bersih adalah udara yang bebas dari polusi dalam bentuk padat, cair maupun gas seperti misalnya polusi asap kendaraan bermotor maupun asap pembuangan pabrik industri. Udara bersih juga dapat diartikan dengan udara yang bebas dari polusi gas tercemar yang tidak melebihi konsentrasi maksimum sehingga kualitas

udara memenuhi persyaratan standar kesehatan Udara bersih mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup untuk aktifitas hariannya.

2.1.1 Gas Carbon Monoxide (CO)

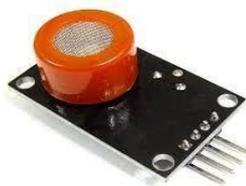
Carbon monoksida adalah gas yang tidak berbau, dan tidak berwarna, akan tetapi gas ini sangat beracun karena mempunyai ikatan yang kuat dengan darah, yaitu hemoglobin. Sumber utama dari gas karbonmonoksida dalam ruangan (indoor) adalah hasil kegiatan manusia, seperti hasil pembakaran (kompas, oven, mesin-mesin elektrik, asap rokok). Dampak dari CO bervariasi, tergantung status kesehatan orang pada saat menghirup gas CO. Gas CO menghambat kerja molekul sel pigmen yang berfungsi membawa oksigen keseluruh tubuh, dalam jangka panjang dapat menyebabkan sakit jantung atau paru-paru, menyebabkan gangguan janin pada wanita, dan dalam jangka pendek dapat menyebabkan perubahan tekanan darah, meningkatkan denyut jantung, kerusakan pembuluh darah perifer.

Tabel 2.1 Indeks Baku Kualitas Udara

Kategori	Rentang	Carbon monoksida
Baik	0-50	Tidak Ada Efek
Sedang	51-100	Pertumbuhan kimia darah tapi tidak terdeteksi
Tidak Sehat	101-199	Peningkatan pada cardio vascular pada perokok yang sakit jantung
Sangat Tidak Sehat	200-299	Peningkatan pada cardio vascular pada non-perokok tampak kelemahan yang nyata
Berbahaya	Lebih dari 300	Tingkat yang sangat berbahaya

2.2 Sensor Karbon Monoksida MQ-7

MQ 7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil. Fitur dari sensor gas MQ7 ini adalah mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabil, dan berumur panjang. Sensor ini menggunakan catu daya heater : 5V AC/DC dan menggunakan catu daya rangkaian 5VDC, jarak pengukuran : 20 - 2000ppm untuk ampu mengukur gas karbon monoksida.



Gambar 2.2 Sensor MQ-7

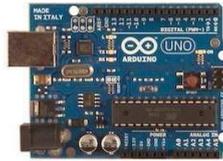
Hambatan permukaan sensor R_s diperoleh melalui dipengaruhi sinyal output tegangan dari resistansi beban RL yang seri. Hubungan antara itu dijelaskan:

$$V_{out} = \frac{R_L}{R_L + R_s} V_{in}$$

Sinyal ketika sensor digeser dari udara bersih untuk karbon monoksida (CO), pengukuran sinyal dilakukan dalam waktu satu atau dua periode pemanasan lengkap (2,5 menit dari tegangan tinggi ke tegangan rendah). Lapisan sensitif dari MQ-7 komponen gas sensitif terbuat dari SnO₂ dengan stabilitas, Jadi, ia memiliki stabilitas jangka panjang yang sangat baik. Masa servis bisa mencapai 5 tahun di bawah kondisi penggunaan.

2.3 Arduino UNO

Arduino UNO merupakan perangkat mikrokontroler yang berbasis ATmega 328. Arduino mempunyai 14 pin masukan/keluaran digital, yang diantaranya bisa digunakan sebagai PWM sebanyak 6 pin. Selain itu terdapat 6 pin untuk masukan analog, resonator sebesar 16 MHz, koneksi USB, header ICSP, dan tombol *reset*. Semua yang dibutuhkan untuk mendukung kinerja mikrokontroler dipasang pada satu *board*.



Gambar 2.3 Arduino UNO

2.4 Logika Fuzzy

Konsep logika fuzzy untuk pertama kalinya diperkenalkan oleh Lofi Zadeh, seorang professor dari University of California pada tahun 1965. Namun pelopor pertama kali aplikasi dalam penggunaan fuzzy set adalah Prof. Ebrahim Mamdani dan kawan-kawannya yang berasal dari Queen Mary College London. Kata fuzzy itu sendiri memiliki beberapa definisi yaitu, kabur, remangremang, dan samar, sedangkan untuk suatu sistem fuzzy merupakan sebuah sistem yang dibangun berdasarkan dengan teori logika fuzzy. Sehingga logika fuzzy merupakan suatu metode perhitungan yang menggunakan bahasa (*linguistic*) sebagai pengganti perhitungan menggunakan bilangan atau angka. Sebagai contohnya yaitu sebuah ukuran suhu ruangan dapat diekspresikan dalam teori logika fuzzy dengan perkataan dingin, normal, ataupun panas. Bentuk bahasa atau kata-kata dalam logika fuzzy memang tidak sepresisi menggunakan bilangan, namun penggunaan teori logika fuzzy akan lebih mendekati dengan intuisi manusi. Karena pada teori logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan lebih dari dua nilai, yaitu nilainya antara 0 dan 1, sedangkan dalam logika digital, hanya memiliki dua buah nilai, yaitu nilai 0 atau 1.

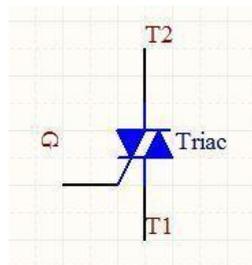
Dalam himpunan klasik terdapat suatu istilah yang sangat penting, yaitu crisp set. Crisp set merupakan suatu himpunan yang membedakan anggota dan anggotanya dengan batasan yang jelas. Misalnya, jika $A = \{x|x \text{ bilangan bulat, } x < 100\}$, maka anggota A adalah 99,98,97, dan seterusnya, sedangkan yang bukan anggota A adalah 100, 101, 102, dan seterusnya. Sehingga penggunaan himpunan klasik crisp set mempunyai keterb

dalam mengatasi hal tersebut diperkenalkanlah suatu himpunan fuzzy.

Pada sistem logika fuzzy terdapat tiga komponen utama, yaitu *fuzzification*, *inference*, dan *defuzzification*.

2.5 TRIAC (Trioda Alternating Current Switch

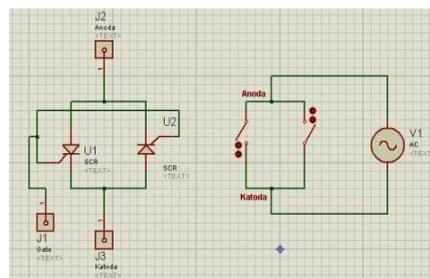
TRIAC merupakan suatu saklar yang dapat digunakan untuk mengatur tegangan dengan arus bolak-balik atau AC. Komponen TRIAC terdiri dari dua buah *thyristor* (SCR) yang digabungkan secara negatif terbalik. TRIAC berbeda dengan SCR, karena TRIAC dapat mengontrol arus dalam 2 arah, sedangkan SCR hanya dapat mengontrol arus ke satu arah saja.



Gambar 2.4 Simbol TRIAC

TRIAC memiliki 3 buah kaki, yaitu 2 kaki yang berfungsi sebagai anoda dan katoda, dan terdapat 1 kaki yang berfungsi sebagai *gate*, *gate* berfungsi untuk memberikan *trigger* arus ke beban.

2.5.1 Cara Kerja TRIAC



Gambar 2.5 Cara Kerja Sistem

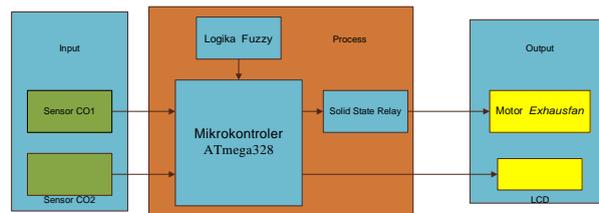
Cara kerja TRIAC dapat dianalogikan dengan menggunakan 2 buah saklar seperti pada gambar (b) diatas. Mula-mula jika pada anoda diberikan tegangan dengan arus *forward bias*, maka saklar s1 akan *close* dan saklar s2 akan *open*. Sedangkan jika pada anoda diberikan tegangan dengan arus *reverse bias*, maka saklar s1 akan *open*, dan saklar s2 akan *close*.

PERANCANGAN

3.1 Gambaran Umum Sistem

Pada perancangan dan implementasi tugas akhir ini adalah membuat suatu ruangan merokok (*smoking room*) yang meliputi pengaturan kecepatan motor *exhaust fan* secara otomatis yang digunakan untuk mengeluarkan asap dari dalam ruangan yang berasal dari asap rokok.

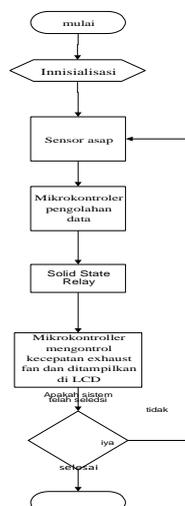
Pada bagian perancangan dan implementasi ini meliputi perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Secara garis besar diagram blok perancangan dan implementasi sistem ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram blok perancangan

Blok input sistem terdapat dua buah sensor gas karbon monoksida MQ-7. Pada blok proses mikrokontroler menerima data dari sensor yang diolah menggunakan metode fuzzy. Output dari sistem berupa kecepatan motor *exhaustfan* dan tampilan dari LCD.

Pada gambar 3.1 flow chart juga menjelaskan algoritma sistem. Pertama sensor mendeteksi asap sebagai trigger, jika sensor terdeteksi mikrokontroler akan mengolah data menggunakan metode fuzzy. Keluaran fuzzy berupa pwm yang teruskan oleh solid state relay yang berfungsi sebagai relay tegangan ac yang menggerakkan motor exhaustfan.



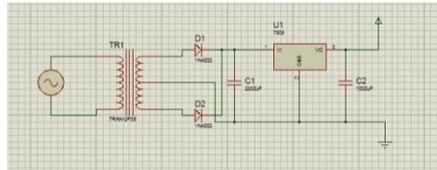
Gambar 3.2 Flow Chart diagram

3.2 Perancangan Smoking Room

Perancangan *smoking room* dirancang dengan ukuran ruangan 200cm x 120cm x 200cm. Ukuran ruangan ini dapat dianggap sama dengan ukuran *smoking room* yang ada ditempat umum seperti di bandara. Dalam perancangan *smoking room* ini untuk pertama kalinya adalah membuat desain ruangan yang di tunjukan pada gambar 3.3

3.3 Perancangan Catu Daya

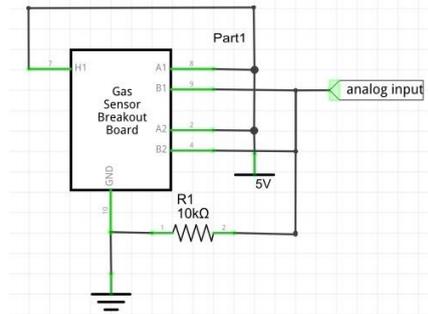
Catu daya yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu catu daya 5 volt sebagai catu daya untuk dua buah rangkaian sensor MQ-7. Rangkaian catu daya ini menggunakan satu trafo CT dengan keluaran tegangan 12 volt dengan arus 1 ampere. Keluaran 12 volt dari trafo akan dirubah menggunakan 2 dioda 1N4002, kapasitor 2200uF dan 1000uF dan kemudian masuk kedalam IC regulator 7805 untuk dirubah menjadi 5 volt DC yang stabil.



Gambar 3.3 Catu daya 5volt

3.4 Perancangan Sensor MQ-7

Perancangan sensor MQ-7 rangkaian. B h sensor, dua kaki sebagai catudaya 5volt, dua kaki sebagai pemanas, dan satu kaki sebagai ground dan satu kaki sebagai input.



Gambar 3.4 Sensor MQ-7

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan membahas mengenai pengujian dan analisis sistem terhadap hasil dari realisasi alat yang telah dibuat pada bab sebelumnya. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian *hardware* dan *software*. Serta pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana performansi alat yang telah direalisasikan.

4.1 Pengujian Catu Daya

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur masukan tegangan AC ke catu daya menggunakan *Digital Multimeter* dan *digital Oscilloscope*, selanjutnya dilakukan pengukuran pada hasil keluaran pada catu daya menggunakan *digital Multimeter* dan *digital Oscilloscope*.



Gambar 4.1 Diagram blok pengujian catu daya

Tabel 4.1 hasil pengujian rangkaian catu daya

hasil yang diinginkan DC	Oscilloscope		Multimeter	
	Tegangan keluaran (DC)	error	Tegangan keluaran (DC)	error
5volt	4,98	2%	5,03	3%

Dari table 4.1 diatas didapatkan sebuah kesimpulan bahwa terdapat nilai *error*, hal ini dikarenakan ketidakidealan pada komponen penstabil tegangan IC LM7805, IC LM7809 dan IC LM7812. Karena nilai *error* yang terjadi pada rangkaian tersebut cukup kecil, sehingga rangkaian catu daya ini dapat digunakan untuk memberikan catuan pada sistem ini.

4.2 Solid State Relay

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan duty cycle terhadap output tegangan AC. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan nilai duty cycle dari 0 sampai 255 ke SSR dan melihat perubahan tegangan yang terjadi.

Tabel 4.2 Pengujian Solid State Relay

Vin AC	PWM	Dutty cycle	Vout
--------	-----	-------------	------

220	25,5	10%	85-96
220	51	20%	92-105
220	76,5	30%	100-115
220	102	40%	112-128
220	127,5	50%	120-145
220	153,5	60%	130-158
220	178,5	70%	160-184
220	204	80%	192-205
220	229,5	90%	210-218
220	255	100%	2019-220

Dari hasil pengujian rangkaian solid state relay yang telah diberikan duty cycle secara bertahap menunjukkan bahwa keluaran dari rangkaian bersifat linier. Hasil tersebut dapat dikatakan bagus dan sesuai sebagai rangkaian relay

4.3 Pengujian Metode Fuzzy

Pengujian logika *fuzzy* menggunakan bord arduino uno. Data kemudian diolah pada mikrokontroler 128 yang telah diprogram sebelumnya dengan model Sugeno. Hasil pengolahan data logika fuzzy berupa PWM yang dibandingkan dengan output PWM pada simulasi logika fuzzy dimatlab 2013

Dari hasil pengujian logika fuzzy terlihat bahwa semakin besar nilai ppm yang dibaca oleh sensor maka output logika fuzzy juga akan semakin besar. Hasil perbandingan nilai keluaran logika fuzzy pada arduino dengan nilai keluaran simulasi logika fuzzy pada matlab menunjukkan bahwa nilai rata-rata *error* yang dihasilkan oleh alat pengontrolan kecepatan *exhaust fan* menggunakan metode *fuzzy logic* sebesar 1,275 %, dengan tingkat akurasi sebesar 98.725 %.

4.4 Pengujian Daya Perangkat

Pengujian perangkat dilakukan untuk melihat kinerja perangkat saat diimplementasikan pada sebuah ruang merokok yang telah dirancang sebelumnya. Kondisi ruangan :

1. Panjang 2 meter, lebar 1,2 meter, tinggi 2 meter.
2. Terdapat sebuah *exhaust fan* dilangit-langit ruangan.
3. Dua sensor gas karbon monoksida.

Pengujian dilakukan pada hari Selasa 30 Juni 2015, rentang waktu pengujian pukul 10:00 wib sampai dengan 18:00 wib.

Untuk mengetahui tingkat penghematan daya dapat dihasilkan oleh perangkat yang telah diimplementasikan, dilakukan pengukuran KWH pada saat tanpa perangkat dan saat menggunakan perangkat. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.3 Konsumsi Daya Sistem

Pengujian Konsumsi Daya					
Tanpa Perangkat			Dengan Perangkat set PWM(170)		
Jam	PW(watt)	KWH	Jam	PW(watt)	KWH
9:00	16,1	0,00268	13:00	12,0	0,0020
9:10	16,1	0,00540	13:10	12,0	0,0040
9:20	16,2	0,00805	13:20	11,9	0,0059
9:30	16,2	0,01073	13:30	12,0	0,0080
9:40	16,1	0,01330	13:40	12,1	0,0100
9:50	16,0	0,01610	13:50	12,1	0,0121
10:00	16,0	0,01866	14:00	12,1	0,0141

Dari tabel 4.4 tingkat penghematan dapat ditentukan dengan perhitungan berikut

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada perancangan dan implementasi sistem pengontrol kecepatan kipas angin menggunakan metode *fuzzy logic* menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Catu daya yang dibutuhkan oleh sensor MQ-7 sebesar 5volt DC telah direalisasikan dengan tingkat error sebesar 2,66% dengan alat uji Multimeter dan 1,66% dengan alat uji oscilloscope.
2. Program *fuzzy logic* yang telah direalisasikan mampu menghasilkan output berdasarkan input yang diberikan dengan tingkat akurasi sebesar 98.725 %.
3. Penghematan konsumsi daya dengan menerapkan perangkat yang telah direalisasikan sebesar 24,43% dibanding penggunaan *exhaust fan* biasa.

5.2 Saran

Pada perancangan tugas akhir ini terdapat beberapa saran yang dapat diaplikasikan dalam pengembangan dan peningkatan performansi, diantaranya adalah:

1. Menggunakan empat sensor di empat titik sehingga diperoleh akurasi yang tinggi dalam pendeteksian kadar gas karbon monoksida.
2. Menggunakan satu buah mikrokontroler sebagai kontroler dengan kapasitas *memory flash* yang besar dan memiliki kecepatan proses yang lebih tinggi.
3. Menggunakan komponen yang tepat sehingga diperoleh akurasi yang lebih baik.
4. Menggunakan metode penelitian logika fuzzy dengan akurasi dan ketelitian yang lebih tinggi seperti mamdani.

Daftar Pustaka

- [1.] Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara, 21 NOVEMBER 1997 ,KEP-107/KABAPEDAL/11/1997.
- [2.] Laksono, Ganang Dwi. 2014. *Perancangan dan Analisis Sistem Kendali Suhu Pada Inkubator Bayi Menggunakan Metode Fuzzy Logic*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Elektro Universitas Telkom.
- [3.] (2009) “ VR” . <http://www.arduino.cc/>(diakses tanggal 10 februari 2014).
- [4.] Datasheet MQ7 Censor, <https://www.sparkfun.com/datasheets/.../MQ-7.pdf> (Diunduh Februari 2015)
- [5.] Datasheet MOC3021, www.datasheetcatalog.com (Diunduh april 2015)
- [6.] Rangkuti, Syahban.2011.*Mikrokontroler ATMELE AVR*. Bandung: Informatika.
- [7.] [Priyo Sidik Sasongko](http://logikafuzzy.blogspot.com) ,(2007) ”L F zz ”,<http://logikafuzzy.blogspot.com> (diakses tanggal 10 februari 2014).
- [8.] Kusumadewi, Sri. 2006. *Neuro Fuzzy : Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf Tiruan*.
- [9.] Khadir, Abdul. 2012. *Panduan Praktis Mmpelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino*. Yogyakarta: Andi.
- [10.] Purnama Agus. 2014. *Definisi dan Prinsip Kerja Triac*. <http://elektronika.dasar.web.id/komponen/definisi-dan-prinsip-kerja-triac/>, (diakses 11 mei 2015)
- [11.] Naba, Dr. Eng. Agus. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB*. [ANDI, Yogyakarta](http://andi.yogyakarta.com).
- [12.] Jamshidi, Mohammad. 1980. *Application of Fuzzy Logic*, Prentice-Hall International Inc, New Jersey.
- [13.] Huda, Fauzi NURul. 2014. *Desain Dan Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruang Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Zigbee*,Bandung.