

TEMPERATURE CONTROL SYSTEM WITH AC-AC CONVERTER BASED ON FUZZY LOGIC CONTROL

Abdul Muis Prasetya

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan
prasetya.electric@gmail.com

Dedy Harto

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan
defariz@gmail.com

Abstrak

Makalah ini menyajikan sistem pengaturan suhu dengan konverter AC-AC melalui metode *fuzzy logic control*, penggunaan konverter AC-AC dilatarbelakangi oleh banyaknya aplikasi pengaturan suhu menggunakan pemanas listrik dan umumnya menggunakan prinsip *on-off*. Karena keterbatasan range pengaturan tegangan yang dapat diberikan, maka kontrol tegangan secara *on-off* kurang dapat memberikan akurasi nilai keluaran yang dibutuhkan sistem, sehingga untuk beberapa aplikasinya dapat menimbulkan tanggapan sistem pengaturan temperatur yang kurang baik. Untuk meningkatkan kinerja pengaturan suhu dengan memperluas range pengaturan tegangan digunakan konverter AC-AC. Pada penelitian ini usulkan pengaturan konverter dengan metode *fuzzy logic control*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konverter dapat berfungsi dengan baik dan respon dapat mengikuti *setpoint*. *Fuzzy logic control* menunjukkan *Rise time* sebesar 3 menit, serta ketika telah mencapai *setpoint* yaitu 30°C, suhu sedikit berosilasi dengan *error steady state* 0%.

Kata Kunci: Suhu, *Fuzzy logic control*, Konverter AC-AC

Abstract

This paper presents temperature control system with AC-AC converter based on *fuzzy logic control* method, the selection of AC-AC converters is motivated by the many applications of temperature control system using electric heaters and generally using on-off principle. Due to the limited range voltage settings, then the on-off voltage control is less able to provide the accuracy of required *output* value of the system, so for some applications it can lead to bad temperature control system response. To improve the temperature performance by extending the range of voltage settings used AC-AC converter. In this research, propose the converter arrangement with *fuzzy logic control* method. The results show converter can function well and the response can follow *setpoint*. *Fuzzy logic control* shows 3 minutes rise time, when it reaches 30°C set point the temperature is slightly oscillated with 0% *steady state error*.

Keywords: Temperature, *Fuzzy logic control*, AC-AC converter.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat telah membawa pengaruh yang sangat penting dalam dunia industri, salah satunya teknologi sistem kendali. Sangat dibutuhkannya sistem kendali yang baik untuk dapat menunjang jalannya proses industri yang lebih efisien dalam proses produksi. Pada dunia industri sistem termal memegang peranan yang sangat penting, misalnya untuk memproses suatu bahan atau zat harus dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai suhu tertentu (Puspita, 2016).

Namun sistem termal untuk memanaskan saja tidak cukup, tetapi sangat diperlukan sistem yang dapat menjaga besarnya suhu dalam proses agar tetap stabil pada nilai yang diinginkan. Untuk keperluan ini, maka harus

digunakan suatu metode kontrol yang dapat meminimalkan nilai *error* pada sistem termal atau sistem pengaturan suhu.

Banyak diaplikasikan sistem pengaturan suhu menggunakan pemanas (heater) yang bersumber dari energi listrik. Pada umumnya untuk pengaturan tegangan pemanas digunakan prinsip pengaturan tegangan secara *on-off*. Namun karena keterbatasan range pengaturan tegangan yang dapat diberikan, maka kontrol tegangan secara *on-off* kurang dapat memberikan akurasi nilai keluaran yang dibutuhkan oleh sistem pengaturan, sehingga untuk beberapa aplikasinya dapat menimbulkan respon sistem pengaturan suhu yang berosilasi dan belum maksimal.

Rangkaian konverter *Alternating Current to Alternating Current*(AC-AC) merupakan rangkaian yang dapat menghasilkan tegangan keluaran AC variable dari sumber AC konstan. Untuk mendapatkan tegangan tersebut

ini memiliki *output* tegangan analog, sehingga kita perlu memasangkannya pada kaki ADC mikrokontroler. Resolusi ADC yang digunakan pada system ini menggunakan 10bit. Berdasarkan datasheet, tiap kenaikan 1 derajat, maka tegangan analog *output* lm35 akan naik sebesar 10mV.

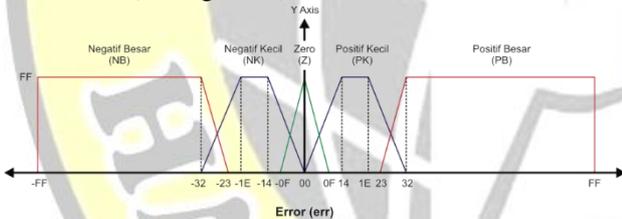


Gambar 4 Sensor suhu LM35 *water proof*

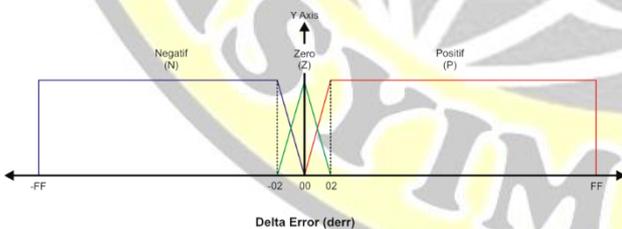
Fuzzy logic control

Dalam perancangan perangkat lunak *fuzzy logic control* dilakukan pada mikrokontroler atmega328. Desain kontrol digunakan untuk mengatur kerja sistem dengan tujuan utama melakukan proses pengaturan suhu berdasarkan *fuzzy logic control* untuk menghasilkan sinyal pemucuan bagi *triac* pada konverter AC-AC.

Struktur perancangan fungsi keanggotaan masukan untuk pemrograman pada mikrokontroler digunakan *Error* dan *DError* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Fungsi keanggotaan masukan digunakan untuk proses *fuzzifikasi* yang akan memetakan nilai *input Error* dan *DError* sehingga diperoleh peubah *fuzzy* yang berupa derajat keanggotaan untuk setiap variabel linguistik *Error* dan *Derror* (Thiang, 1999).



Gambar 5 Fungsi keanggotaan *Error*



Gambar 6. Fungsi keanggotaan *Derror*

Dengan menggunakan aturan-aturan yang sudah dirancang di dalam basis aturan, sistem *fuzzy logic control* melakukan evaluasi terhadap *input Error*, *DError* dan menentukan *fuzzy outputs* berupa nilai grade untuk setiap variabel linguistik keluaran. Teknik yang digunakan untuk pengambilan keputusan sehingga didapatkan suatu penyelesaian dalam evaluasi aturan adalah metode MAX-

MIN. Rancangan basis aturan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1 Rancangan basis aturan

		<i>Error</i>				
		N B (0)	N K (1)	Z (2)	P K (3)	P B (4)
<i>DError</i>	N (0)	B S (4)	BS (4)	B (3)	K (1)	K S (0)
	Z (1)	B S (4)	B (3)	S (2)	K (1)	K S (0)
	P (2)	B S (4)	B (3)	K (1)	K S (0)	K S (0)

Sebagai tahap akhir pada proses dasar pengendali logika *fuzzy* adalah proses *defuzzifikasi*. Pada proses *defuzzifikasi* dilakukan untuk mengkonversi setiap hasil dari basis aturan yang diekspresikan dalam bentuk fuzzy set kesuatu bilangan real. Metode yang digunakan untuk proses *defuzzifikasi* adalah *Center of Gravity* (COG).

Nilai keluaran merupakan parameter yang akan menentukan besarnya waktu tundaan pemucuan *triac*. Adapun fungsi keanggotaan yang digunakan untuk keluaran adalah fungsi keanggotaan yang berbentuk singleton. Rancangan fungsi keanggotaan keluaran ditunjukkan pada Gambar 7 dan pada Gambar 8 diperlihatkan bentuk *hardware* sistem yang telah dibuat.



Gambar 7. Fungsi keanggotaan keluaran



Gambar 8. Sistem pengaturan suhu, (a) Kontroler FLC dan (b) Tabung Reaksi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pembahasan akan dilakukan pengujian terlebih dahulu terhadap beberapa komponen

dalam *plant*. Beberapa komponen yang akan diuji adalah kinerja sensor LM 35 *Water Proof* yang berperan sebagai komponen *closed loop* atau *feedback*. Komponen selanjutnya yang akan diuji adalah kinerja konverter AC-AC, apakah mampu menghasilkan tegangan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan sistem dalam menghasilkan temperatur yang dibutuhkan. Pada dasarnya kontroler *fuzzy logic control* ini diterapkan agar mikrokontroler mampu mengatur sudut penyulutan konverter AC-AC.

Pengujian LM 35 *Water Proof*

Pengujian ini ditujukan untuk membandingkan data yang ada pada sensor suhu LM35 dengan termometer analog, dimana termometer analog digunakan sebagai acuan atau referensi. Data yang diambil juga adalah hasil pembacaan pada ADC dengan resolusi 10bit.

Tabel 2 Respon sensor suhu LM35

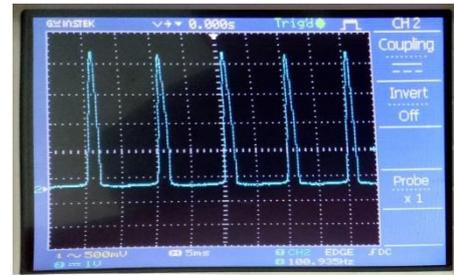
Suhu Termometer Analog (°C)	Suhu LM35 (°C)	Nilai ADC (Dec)
30	30.3	66
35	34.4	75
40	39.5	86
45	44.1	96
50	49.1	107
55	54.2	118
60	59.2	129
65	64.3	140
70	69.3	151
75	74.4	161

Dari tabel respon sensor suhu LM35 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran pada termometer analog dan LM35 tidak terdapat perbedaan yang berarti, sehingga kinerja sensor dapat disimpulkan cukup akurat. Temperatur pada LM35 hanya terpaut kurang dari 1°C dari temperatur pada termometer *analog*.

Pengujian konverter AC-AC

Tujuan dari pengujian konverter AC-AC, untuk melihat kinerja *zero crossing detector* dan kinerja *triac* ketika diberi penyulutan pada sudut-sudut tertentu. Rangkaian *zero crossing detector* berfungsi untuk mendeteksi setiap gelombang sinus yang melewati titik nol, maka diperoleh frekuensi gelombang keluaran sebesar dua kali dari frekuensi gelombang sinus masukan. Adapun frekuensi gelombang sinus masukan adalah 50 Hz, sehingga frekuensi gelombang keluaran adalah $2 \times 50 = 100$ Hz.

Adapun gambar bentuk gelombang keluaran dari rangkaian *zero crossing detector* yang diuji dengan *oscilloscope* dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini :



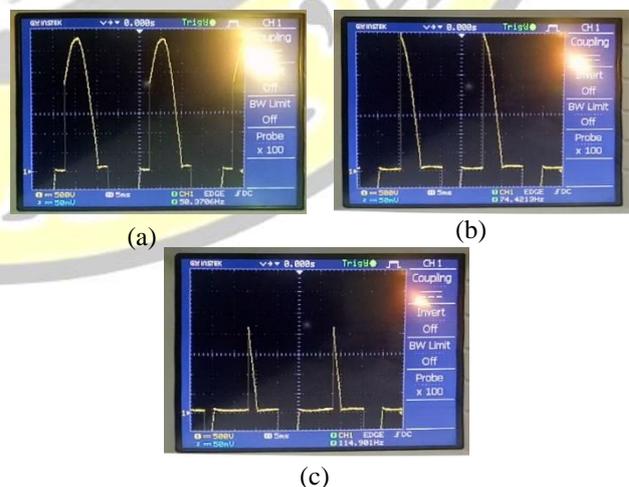
Gambar 9. Respon *zero crossing detector*

Tabel 3 Respon konverter AC-AC

$\alpha(^{\circ})$	Vp(V)	Vs(V)	Ip(A)
0	219,5	220.6	3.26
20	217.9	220.6	3.26
40	201.7	220.2	3.21
60	177.8	220.7	3.06
80	144.4	220.4	2.6
100	107.7	220.2	2.34
120	34.17	220.6	1.81
140	22.67	220	1.16
160	11.01	220.1	0.56
180	0.63	220.4	0

Dalam melakukan pengujian konverter AC-AC, diambil tegangan *output* dan arus *output* setelah dilakukan penyulutan pada sudut-sudut tertentu. Tabel 2 merupakan data yang didapat pada pengujian konverter AC-AC dengan variabel penyulutan 20 derajat.

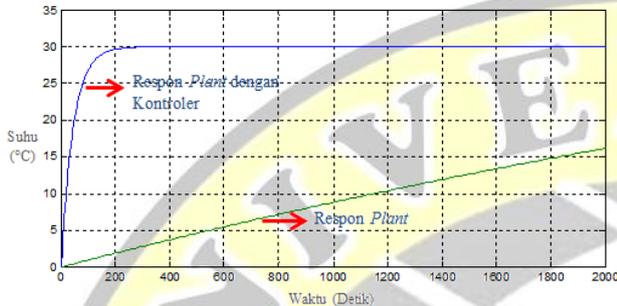
Berdasarkan data diatas, tampak bahwa ketika sudut penyulutan 0°, tegangan *output* dari *triac* berkurang 1V dari tegangan *input*. Hal ini dimungkinkan terjadi karena *triac* memiliki tahanan internal atau juga dikarenakan sudut penyulutan yang tidak benar-benar berada pada 0, namun sedikit bergeser sehingga ada tegangan yang hilang. Namun rugi-rugi 1V ini tidak terlalu merusak kinerja sistem dan sistem masih dapat dikatakan baik. *Output* konverter AC-AC yang terkontrol dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 10. Respon sudut penyulutan, (a) Sudut 135°, (b) Sudut 90°, dan (c) Sudut 45°

Pengujian Fuzzy logic control

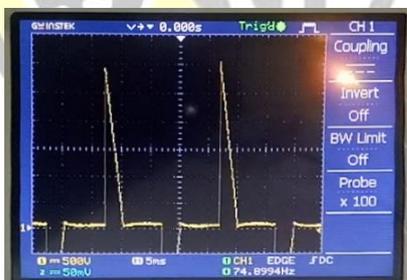
Pengujian ini ditujukan untuk melihat respon suhu terhadap waktu setelah dilakukan pengontrolan menggunakan *fuzzy logic control*. Dengan adanya metode kontrol ini, diharapkan sistem akan cepat mencapai *setpoint* dan *steady state*. Sebagai pembandingan antara sistem terkontrol menggunakan *fuzzy logic control* dan sistem yang tak terkontrol, maka diambil data untuk sistem tak terkontrol (*open loop*).



Gambar 11. Respon pengaturan suhu dengan FLC dan tanpa FLC

Berdasarkan grafik diatas, tampak bahwa suhu mencapai suhu 15°C (setengah nilai *setpoint*) dalam waktu 30 menit. Tentu hal ini terlalu lama dan memakan waktu serta biaya. Hal ini benar-benar tidak efisien dan merugikan banyak pihak. Oleh karena keterbatasan tersebut maka diterapkan kontroler *fuzzy logic control*. Hasil dari penerapan kontroler tersebut, *time respond* mengalami percepatan sangat signifikan seperti terlihat pada Gambar 11.

Dengan menerapkan *fuzzy logic control* waktu yang dibutuhkan dapat kurang dari 5 menit agar sistem dapat mencapai posisi *steady state*. Ketika sistem telah mencapai *steady state*, sudut penyulutan cenderung berada pada kisaran 126°, jika diperhatikan di *oscilloscope*, maka berikut adalah gambar dari sinyal ketika telah *steady state*.



Gambar 12. Respon konverter AC-AC saat *plant* pada posisi *steady state*

PENUTUP

Setelah melakukan tahap perancangan dan pembuatan sistem yang kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan bahwa sistem pengatur suhu ini dapat bekerja dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan respon suhu yang konstan pada *setpoint* 30°C. *Fuzzy logic control* pada sistem ini menghasilkan

Rise time sebesar 3 menit, serta ketika telah mencapai *setpoint* suhu 30°C, suhu sedikit berosilasi dengan *error steady state* 0%.

DAFTAR PUSTAKA

- Kitcharoenwat, S., Konghirun, M., & Sangswang, A. (2013). A Novel Single Phase AC-AC Converter with Power Factor Control. *ECTI TRANSACTIONS ON ELECTRICAL ENG., ELECTRONICS, AND COMMUNICATIONS*, 26-31.
- Maidah, N. E., Putra, A. E., & Pulungan, M. R. (2012). Perancangan Perangkat Keras Pengendali Fuzzy erbasis Mikrokontroler ATmega32 sebagai Pengendali Suhu dan Kelembaban. *The 1st Symposium in Industrial Technology* (pp. C42-C50). Yogyakarta: UPNVY.
- Puspita, E. S., & Yulianti, L. (2016). Perancangan Sistem Peramalan Cuaca Berbasis Logika fuzzy. *Jurnal Media Infotama*, 1-10.
- Sudjadi, & Sakti, E. P. (2005). Pengaturan Cahaya Lampu Sebagai Fotosintesis Phytoplankton Buatan Dengan Menggunakan Mikrokontroler AT89S52. *Transmisi*, 11-14.
- Thiang, Hannawati, A., Eng, B., & Resmana. (1999). Sistem Pengembangan kendali Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler Keluarga MCS51 (PetraFuz). *JURNAL INFORMATIKA*, 1-10.