

Perancangan Sistem Kendali Temperature Suhu dan Level Oil Pada Prototype Transformator Tenaga

Design of Control System Temperature and Oil Level on The Power Transformator Prototype

Fajar Ramadhan Pratama^{1*}, Peby Wahyu Purnawan²

^{1,2}Teknik Elektro Universitas Budi Luhur

Jl. Ciledug Raya, Petukangan Utara, Jakarta Sealatan, 12260.

Fajarpratama887@gmail.com^{1*}, pebywahyupurnawan@budiluhur.ac.id²

Abstrak – Dalam beberapa transformator yang terdapat di unit gardu induk PLN sering terjadi peningkatan temperatur suhu oil secara drastis dikarenakan kurang efektif dalam metode sistem pendinginan. Selain itu sering terjadi kebocoran kecil pada penutup atau sambungan tangki transformator yang mengakibatkan menurunnya level oil pada transformator yang dapat membuat kerusakan pada transformator tersebut. Makalah ini membahas rancangan sebuah prototype sistem kendali suhu oil (dimana oil di ganti dengan air keran) yang dapat mengendalikan temperatur suhu oil pada tangki transformator agar tidak terjadi overheat dengan mengatur kecepatan putaran kipas dan kendali level oil yang dapat menjaga level oil dalam kondisi selalu full. Sistem yang dirancang terdiri dari mikrokontroler Arduino Nano, sensor DS18B20, sensor DHT22, kipas pendingin, sensor level 1, sensor level 2, pompa pengisian, LCD (Liquid Crystal Display). Dalam sistem kendali suhu oil dengan metode fuzzy terdapat 2 inputan yaitu suhu oil dan suhu udara yang difuzzyfikasi menjadi 5 membership function dengan output nilai kecepatan untuk mengatur putaran kipas. Metode Defuzzyfikasi yang digunakan adalah WAA (Weighted Average Area). Hasil yang didapatkan suhu oil transformator stabil pada suhu 40°C - 41°C sehingga peralatan transformator tidak akan cepat rusak dan pembebanan akan lebih efektif. Sementara itu, hasil kendali level oil selalu dalam kondisi Full sehingga transformator tidak akan padam dikarenakan level oil kurang.

Kata kunci: Transformator, Suhu Oil, Level Oil, Kontrol fuzzy, Kontrol On-Off.

Abstract – Sometimes, the transformers in the PLN Substation Unit has common problem such as the increases of oil temperature since ineffective method in cooling system. As well as frequent small leaks in the cover or connection of the transformer tank resulting in a decrease in the oil level in the transformer which can cause damage to the transformer. This paper describe a design of system prototype for an oil temperature control system which can control the temperature of the oil temperature in the transformer tank so that there is no overheating. The controlling is by adjusting the fan speed and control the oil level which can keep the oil level in full condition. The system designed consists of an Arduino Nano microcontroller, DS18B20 sensor, DHT22 sensor, cooling fan, level 1 sensor, level 2 sensor, filling pump, LCD (Liquid Crystal Display). We used a fuzzy logic method in oil temperature control. There are 2 inputs, namely the oil temperature and air temperature which are fuzzyfied into 5 membership functions with the output speed values to regulate fan rotation. We used Weighted Average Area (WAA) for defuzzyfication process. Based on the results, we obtained that the transformer oil temperature is stable at a temperature

TELKA, Vol.6, No.2, November 2020, pp. 85~92

ISSN (e): 2540-9123

ISSN (p): 2502-1982

of 40°C - 41°C so that the transformer equipment will not be damaged quickly and the loading will be more effective. Furthermore, the results of the oil level control are always in full condition so that the transformer will not go out because the oil level is not enough.

Keywords: Transformator, Oil Temperature, Oil Level, Fuzzy Control, On-Off Control.

1. Pendahuluan

Transformator tenaga mempunyai arus nominal, arus nominal adalah arus beban maksimal yang bisa ditampung oleh *transformator* tenaga tersebut. Operasi *transformator* tenaga dengan beban yang tinggi akan mengakibatkan suhu *oil* pada *transformator* meningkat. Di beberapa *transformator* yang sudah lama beroperasi sering terjadi peningkatan suhu *oil* yang drastis bersamaan dengan meningkatnya arus beban pada *transformator* sehingga pembebanan pada *transformator* tenaga tersebut tidak bisa optimal dan maksimal. Supaya kinerja sistem pendingin mempunyai kinerja yang bagus, maka harus dilakukan optimalisasi kendali suhu pada sistem pendingin tersebut.

Selain suhu *oil transformator*, hal lain yang tidak kalah pentingnya adalah *level oil transformator* sering terjadinya kebocoran pada karet penutup *transformator* ataupun pada sambungan mekanik *transformator* dapat menyebabkan berkurangnya *level oil* pada tangki *transformator* yang jika tidak terkontrol dapat memutuskan pemutus tenaga yang menyebabkan padamnya *transformator* tersebut. Sedangkan dalam satu unit PT.PLN (persero) hanya memiliki satu alat penambah minyak *transformator* yang dipakai juga untuk di gardu induk lain dengan dioperasikan secara manual sehingga tidak efektif dalam penanganan gangguan *transformator*.

Dengan dirancangnya sebuah alat kendali suhu *oil* dan *level oil* pada *transformator* tenaga ini diharapkan sistem dalam pembebanan dapat beroperasi secara optimal tanpa ada hambatan tingginya temperatur suhu *oil* dan juga kondisi *level oil* pada *transformator* dapat selalu pada kondisi yang aman.

Pada jurnal penelitian R bangun dan Permukaan didapatkan referensi untuk mengontrol ketinggian level air menggunakan *floating system* [1]. Pada jurnal penelitian A Alawiyah dan A rafi membandingkan cara mengontrol ketinggian level air menggunakan sensor ultrasonik serta membandingkan dan mengukur tingkat *error* [2]. Pada penelitian E Wiji dan Kridalaksana membahas pembuatan alat kontrol suhu dan kelembapan pada kandang ayam, sensor suhu yang dipakai DHT11, DHT 11 mendeteksi suhu maupun kelembapan dengan baik, alat ini dilengkapi juga *LED buzzer*, dan pompa air [3]. Pada jurnal N febrianto dan Erwin merancang alat pemanas air menggunakan elemen pemanas dengan metode *fuzzy logic* dengan *set point* 40°C dengan hasil *overshoot* $0,88^{\circ}\text{C}$ dengan waktu 15 detik [4]. Pada penelitian Syaikhu Mubarak dan Rummi Sirait menilai rancangan alat kalibrasi relay suhu pada *transformator* untuk dibandingkan dengan sensor suhu PT100 yang lebih relevan dan disesuaikan menggunakan metode PID, *error* dari penelitian ini didapatkan sebesar 2,5 % [5]. Pada jurnal Yudha Tri merancang alat otomatisasi pengisian minyak pada kabel sktt menggunakan metode PID menggunakan sensor *level* etape untuk level minyak dan sensor tekanan *autonics* dengan sensitivitas 0,131 Volt/PSI [6].

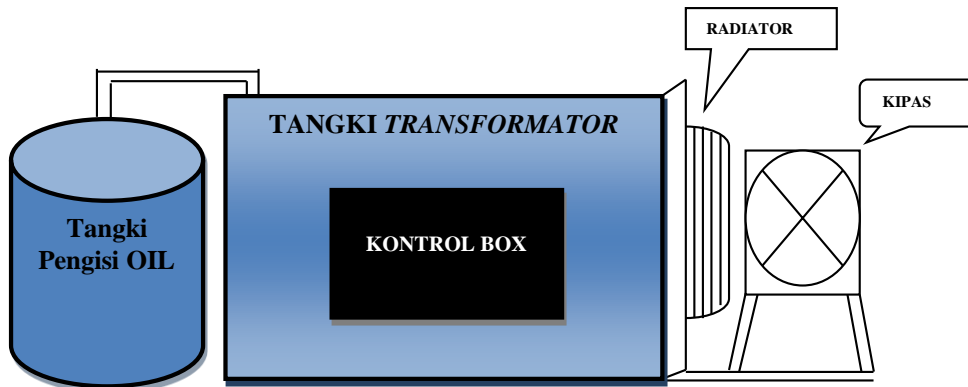
Dari beberapa jurnal penelitian yang telah disebutkan penulis mendapatkan referensi bagaimana menentukan sensor yang akan dipakai, metode kontrol yang digunakan, dan perbandingan *error* yang diinginkan. Penelitian ini menitik beratkan pada pengujian unjuk kerja sistem kendali *fuzzy* untuk mengendalikan suhu *oil* dan *level oil* pada prototipe *transformator* yaitu dengan cara mengendalikan putaran kipas untuk suhu *oil* serta mengatur *on/off* pompa untuk *level oil* sesuai (*rule base*) yang digunakan.

2. Metode Penelitian

2.1. Perancangan Perangkat Keras

Rancangan mekanik dibuat tangki *transformator* dan tangki cadangan yang berbahan plat besi, tangki *transformator* dilengkapi *radiador* yang tersambung dibagian samping depan dimana proses pendinginan suhu berlangsung, sedangkan untuk tangki cadangan dilengkapi pompa

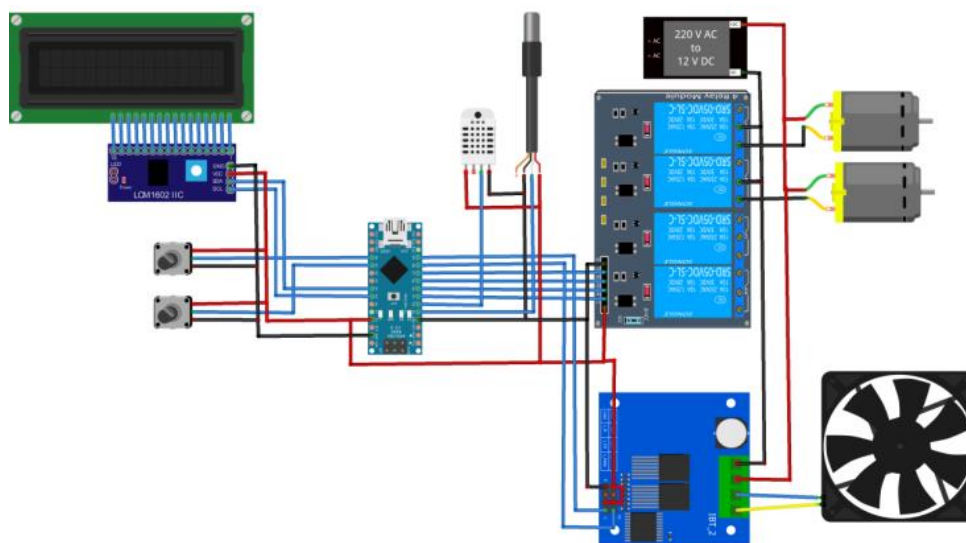
disampingnya untuk mengisi minyak ke dalam tangki *transformator* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan sistem mekanik sistem kendali suhu dan *level* oil.

2.2. Rangkaian Sistem Elektronik

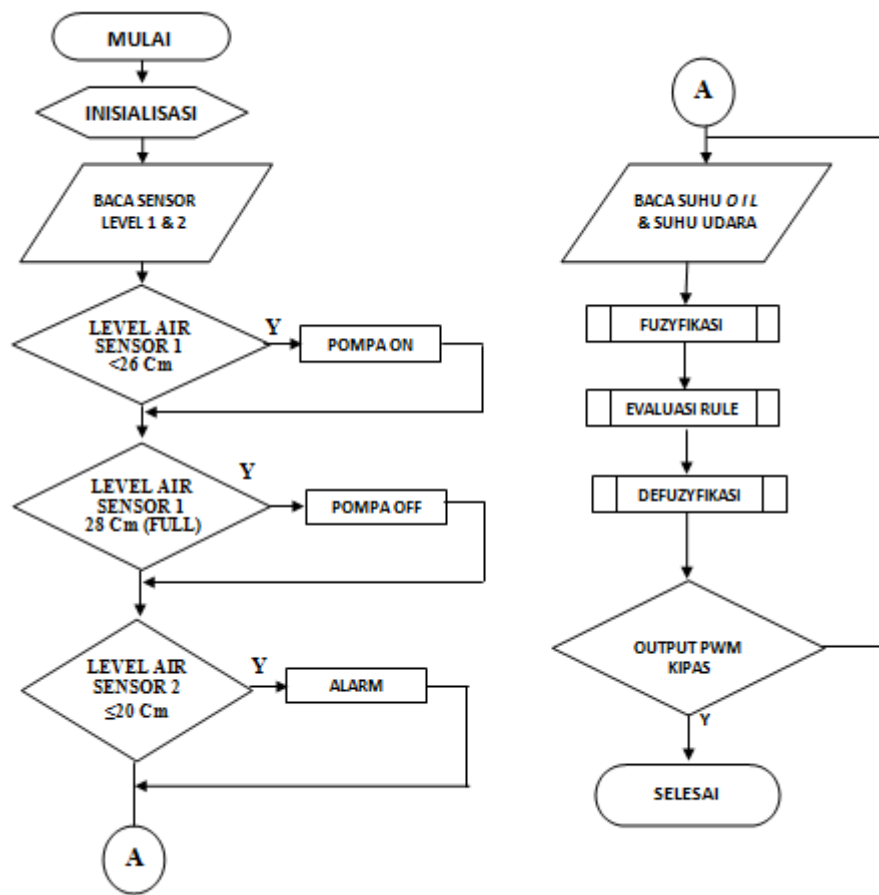
Rangkaian sistem elektronik seluruh pengendalian temperatur suhu *oil* dan *level oil* pada *transformator* tenaga terdiri dari Catu Daya 12V, Arduino Nano, Sensor DS18B20, Sensor DHT 22, sensor level pelampung, *driver motor*, *relay 4 channel*, pompa pengisi *level oil*, Pompa Sirkulasi, Kipas DC *Universal*, dan *Heater*.



Gambar 2. Rangkaian elektronik keseluruhan.

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Dalam tahap ini dijelaskan rancangan perangkat lunak (*software*) berupa algoritma program pengendalian yang akan ditanamkan pada papan kontroler Arduino Nano. Algoritma program terdiri dari algoritma kontrol *ON-OFF* dan algoritma pengendali logika *fuzzy*, logika *fuzzy*.



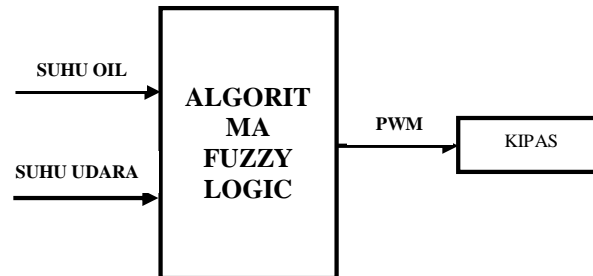
Gambar 3. Diagram alir program kendali temperatur suhu oil dan kendali level oil.

Melalui diagram alir program kendali suhu oil dan level oil dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Program diawali dengan *start*, selanjutnya program akan melakukan proses inisialisasi.
2. Program akan membaca level air tangki *transformator* (level 1) dan level air tangki cadangan (level 2) sebagai masukan algoritma kontrol *on-off*, selanjutnya apabila *level* air pada tangki sensor 1 ≤ 26 cm maka pompa pengisian *oil* akan diaktifkan.
3. Selanjutnya apabila level air sudah mencapai posisi *full* ketinggian level air pada tangki sensor 1 setinggi 28 cm, maka pompa pengisian akan berhenti (*off*).
4. Dan apabila ketinggian air sensor level 2 (tangki cadangan) ≤ 20 Cm posisi pelampung di bawah (*low*) maka akan membunyikan *alarm*.
5. LCD dan PC akan menampilkan data hasil pembacaan ketinggian air pada tangki sensor level 1 & 2 secara berkala.
6. Selanjutnya untuk kendali suhu *oil* program akan membaca temperatur suhu *oil* sebagai masukan algoritma *fuzzy*.
7. Kemudian program akan membaca nilai *inputan* suhu *oil* dan suhu udara yang masuk, untuk diolah dengan menggunakan kendali *fuzzy logic*.
8. Proses *fuzzy logic* meliputi proses fuzzifikasi, evaluasi *rule*, defuzzifikasi.
9. Ketika syarat terpenuhi pada *rule fuzzy* yang telah dibuat maka mikrokontroler akan menghasilkan sinyal keluaran berupa sinyal kendali (sinyal PWM) yang dihubungkan pada *driver* kipas untuk mengatur kecepatan putaran kipas.
10. Selanjutnya LCD akan menampilkan data hasil pembacaan sensor suhu DS18B20 maupun sensor DHT22 secara berkala.
11. Selesai.

2.3.1. Sub Program Fuzzyfikasi

Pada sub program logika fuzzy, *input* yang diolah adalah nilai suhu *oil* dan suhu udara serta output kecepatan putaran kipas yang dapat digambarkan pada diagram blok pengendalian fuzzy seperti Gambar 4.



Gambar 4 Diagram blok logika Fuzzy.

Pemetaan *input* dan *output* fuzzy yang masing-masing dibagi menjadi 5 fungsi keanggotaan (*membership function*). *Range* dan Fungsi keanggotaan suhu *oil* memiliki lima label yaitu **Dingin** (25°C-30°C), **Normal** (28°C-35°C), **Hangat** (33°C-40°C), **Panas** (38°C-45°C), dan **Sangat panas** (43°C-50°C). Sementara suhu udara masing-masing memiliki lima label yaitu **Dingin** (15°C-20°C), **Sejuk** (18°C-25°C), **Normal** (23°C-30°C), **Hangat** (28°C-35°C), dan **Panas** (33°C-40°C).

Fungsi keanggotaan untuk *output* juga sangat penting dibuat dalam menentukan *rule* dan juga *defuzzifikasi*. *Range output* terdapat 5 fungsi keanggotaan yaitu, **Very slow** (0 – 499 rpm) , **Slow** (500 – 999 rpm), **Medium** (1000 – 1499 rpm), **Fast** (1500 – 1999 rpm), dan **Very Fast** (2000 – 2499 rpm).

2.3.2. Sub Program Evaluasi Rule

Setelah melakukan pemetaan *input* fuzzy, langkah selanjutnya adalah membuat aturan aturan untuk proses evaluasi *rule* dengan menggunakan operasi *AND* [7]. Masukan dan keluaran fuzzy menggunakan 5 fungsi keanggotaan, sehingga terdapat *rule* sebanyak 25 *rule*. Berikut adalah Tabel evaluasi *rule* (*Fuzzy Associate Memory*) yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Tabel Evaluasi Rule Kendali Suhu Oil

		Oil				
		Dingin	Normal	Hangat	Panas	S.Panas
Udara	Dingin	Vslow	Vslow	Med	Fast	Fast
	Sejuk	Vslow	Slow	Med	Fast	VFast
	Normal	Slow	Slow	Med	Fast	Vfast
	Hangat	Slow	Med	Fast	Vfast	Vfast
	Panas	Med	Fast	Vfast	Vfast	Vfast

2.3.3. Sub Program Defuzzyfikasi

Setelah *rule* ditentukan, maka langkah terakhir yaitu *defuzzifikasi* dapat dilakukan. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan metode *Weighted Average Area*. *Output* fuzzy berupa nilai PWM untuk masukan sebagai kecepatan putaran kipas.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Rangkaian Sistem Keseluruhan

Tujuan pengujian rangkaian secara keseluruhan ini adalah untuk mengetahui kerja sistem secara keseluruhan dalam melakukan pengendalian suhu *oil* dan level *oil* guna mencapai aturan *set point* yang diharapkan. Sistem kendali suhu *oil* dengan *fuzzy logic controller* ini merupakan sistem kendali yang kontinu dimana sistem akan mengendalikan temperatur suhu *oil* secara terus menerus sampai stabil. Sedangkan kendali level *oil* dengan kontrol *on-off* dimana kendali bekerja

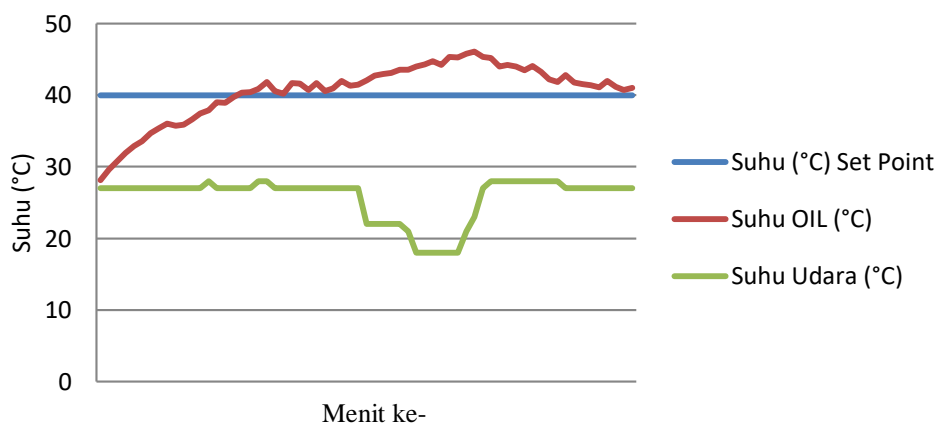
jika mendapatkan sinyal jika *level oil* itu dalam posisi perlu dilakukan pengisian *oil* sehingga pompa *On* sampai sensor memberikan sinyal bahwa *level oil* sudah pada batas atas sehingga pompa *Off*. Bentuk fisik dari simulator/prototype transformator tenaga dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alat *prototype transformator* tenaga kendali suhu dan *level oil*.

3.2. Pengujian Kendali Temperatur Suhu *Oil*

Pada pengujian kendali temperatur suhu secara keseluruhan didapatkan hasil pengujian seperti pada Gambar 6 pengujian dimulai pada suhu *oil* 28°C dengan acuan suhu air keran, *set point* dalam jurnal ini adalah 40°C.



Gambar 6. Grafik pengujian kendali temperatur suhu *oil*.

Suhu *oil* meningkat saat kecepatan kipas *slow* dan *medium* (sesuai *rule*). Saat kecepatan kipas *Fast* suhu *oil* cenderung stabil di angka 40°C - 41°C, kecepatan kipas *Very Fast* berfungsi untuk menurunkan suhu *oil* jika terjadi peningkatan temperatur seperti terlihat dalam tabel 2 Nilai *steady state* pada pengujian ini adalah 40,61 pada menit 22.

Berdasarkan konsep *delay* yang menyatakan bahwa *delay time* adalah ukuran waktu yang menyatakan faktor keterlambatan respon *output* terhadap nilai *set point*, diukur mulai $t = 0$ sampai respon meraih nilai setengah dari keadaan *steady* [8], maka *delay time* diperoleh dengan menetapkan waktu saat $t = 0$ adalah menit ke - 01, waktu saat keadaan 50 % dari keadaan *steady* menit ke - 21, maka *delay time* = 22 menit - 1 menit = 20 menit.

Error Steady State [8] merupakan selisih nilai akhir dengan *input* (target). *Error steady state* (*Ess*) dapat dihitung dengan persamaan:

$$Ess = Sp - Pv, \quad (1)$$

dimana Sp adalah *Set point*, dan Pv adalah *output* rata-rata keadaan *steady*. Berdasarkan data yang ada, dengan Sp sebesar 40°C , Pv sebesar $40,61^{\circ}\text{C}$ (menit ke- 22), maka

$$Ess = 40 - 40,61 = 0,61$$

Presentasi kesalahan *steady state error* dapat dihitung dengan:

$$\% Ess = \frac{Ess}{Sp} - 100\%, \quad (2)$$

sehingga $\% Ess = 0,61/40 \times 100\% = 1,52\%$.

3.3. Pengujian Keseluruhan Kendali Level Oil

Sebelum dimulai pengujian keseluruhan dimulai, air dalam tangki *transformator* tidak di isi dengan *full* agar saat dimulai pengujian ini diawali dengan pembacaan *level oil* pada tangki *transformator* dalam keadaan *low* sehingga sensor *level* dapat memberikan sinyal untuk menghidupkan pompa agar mengisi *oil* dalam tangki.

Hasil pengujian *level oil* saat pengujian keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian keseluruhan *level oil*.

NO	Tinggi Air Menggunakan Penggaris	Posisi Pelampung	Pompa Pengisian	
			Aturan	Pengujian
1	28 Cm	<i>Full</i>	<i>OFF</i>	<i>OFF</i>
2	26 Cm	<i>Rather Full</i>	<i>ON</i>	<i>ON</i>
3	25 Cm	<i>Medium</i>	<i>ON</i>	<i>ON</i>
4	24 Cm	<i>Rather Low</i>	<i>ON</i>	<i>ON</i>
5	22 Cm	<i>Low</i>	<i>ON</i>	<i>ON</i>

Pada Tabel 3 hasil pengujian kendali *level oil* secara keseluruhan yaitu pompa akan On ketika pembacaan sensor *level* pada tangki *transformator* di bawah batas *full* dan pompa pengisi akan *off* jika pembacaan sensor *level* pada tangki *transformator* dalam keadaan *full* serta alarm akan berbunyi jika sensor *level* pada tangki cadangan dalam posisi *low*. Sistem kendali *level oil* dalam pengujian ini dapat disimpulkan berjalan dengan baik dan sesuai aturan *set point* yang dibuat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan mengenai perancangan *prototype* sistem kendali temperatur suhu dan *level oil* pada *transformator* tenaga. Diambil kesimpulan bahwa untuk mengendalikan temperatur suhu *oil* supaya stabil sesuai *set point* dapat dilakukan dengan mengatur kecepatan putaran kipas pada tingkat *Fast* dengan suhu udara normal dan hasil yang diperoleh respon sistem dengan *delay time* 20 menit dan *steady state error* sebesar 0,61 pada *set point* 40°C dengan persen *error steady state* sebesar 1,52%. Serta untuk kendali *level oil* menunjukkan sesuai *setting*, pompa akan mengisi jika *level oil* di tangki *transformator* berkurang hingga ≤ 26 cm dan pompa berhenti pada *level oil* 28 cm dalam keadaan *full*.

Referensi

- [1] R. Bangun, S. Kendali, and L. Permukaan, "Rancang Bangun Sistem Kendali Level Permukaan Air Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Pembudidayaan Hidroponik Metode Floating System," *Unnes Phys. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 18–22, 2016.
- [2] A. Alawiah and A. Rafi Al Tahtawi, *Sistem Kendali dan Pemantauan Ketinggian Air pada Tangki Berbasis Sensor Ultrasonik*, vol. 1, no. 1. 2017.
- [3] E. Wiji, S. Budianto, and A. H. Kridalaksana, "Kelembaban Kandang Ayam Boiler Berbasis Mikrokontroler Atmega328," *Pros. Semin. Nas. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*,

- vol. 2, no. 2, 2017.
- [4] N. Febrianto, E. Susanto, A. S. Wibowo, F. T. Elektro, and U. Telkom, “Rancang Bangun Kontrol Suhu Air Pada Prototipe Pemanas Air Menggunakan Logika Fuzzy,” *J. IT*, vol. 3, no. 3, pp. 4253–4260, 2016.
 - [5] S Mubarok, Rummi Sirait, “Alat Kalibrasi Relay Suhu Berbasis Mikrokontroler Atmega32,” *Univ. Budi Luhur*, 2014
 - [6] Yudha Tri G, , “Otomatisasi Sistem Penambahan Minyak Pada Saluran Kabel Tegangan Tinggi Berbasis Mikrokontroler Atmega32,” *Univ. Budi Luhur*, 2016.
 - [7] S. Wahyono and M. Arief, “Seledri Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic”, *Edu Elekrika Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 21–26, 2015.
 - [8] S. Romadhan, B. Setiyono, and Sumardi, “Menggunakan Kontrol Fuzzy Untuk Pengaturan Suhu Cairan Berbasis Atmega16,” *Transient*, vol. 3, no. 4, p. 617, 2014.