

Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Suhu Transformator Berbasis PLC dan PID

Silvia Fauziah ^{1*}, Hendro Agus Widodo ², Adianto ³

D4 Teknik Kelistrikan Kapal, Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1,2,3}

Email: [¹](mailto:silviafauziah06@student.ppns.ac.id); [²](mailto:hendro.aw@ppns.ac.id); [³](mailto:adianto@ppns.ac.id);

Abstract – Temperature control of transformer is important aspect in maintaining the performance and life of transformer. This research purpose a Programmable Logic Controller (PLC) based control approach and Proportional-Integral-Derivative (PID) method to keep the temperature within safe and optimal limits. The PLC-based approach is used to control the system automatically, and enables efficient supervision. The system consists of temperature sensors that monitor the transformer's environmental conditions. PLC as the brain of the system that processes the data, and actuators to regulate the coolant in the transformer. The system consists of transformer, temperature sensor, PLC, HMI and other components. In previous research, the transformer control system that uses an IOT-based control system uses Arduino. In this research, the transformer control system uses PLC and HMI.. The realisation of the transformer temperature control system using this PID controller was made and tested for effectiveness at a setpoint value of 30⁰C with a motor speed of 500rpm. It shows that the motor energy used is only 33% of the highest motor energy. The integration between PLC-based control and PID method can be an effective solution to automatically manage transformer room temperature, improve operational efficiency, and extend transformer life by minimising the risk of failure due to uncontrolled temperature.

Keyword: Transformer, PID, PLC

Nomenclature

u(t)	output kontrol
e(t)	error atau selisih antara nilai setpoint dan nilai aktual
Kp	konstanta proporsional
Ki	konstanta integral
Kd	konstanta derivatif
t	waktu

1. PENDAHULUAN

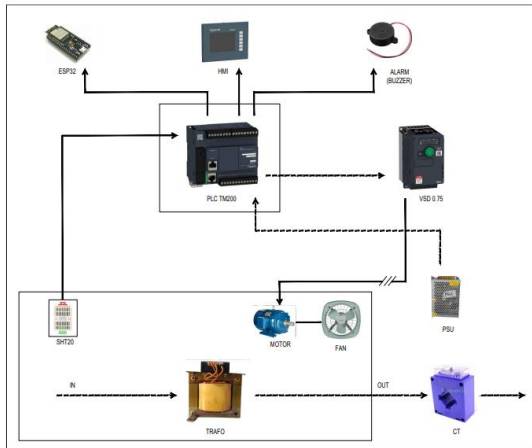
Transformator adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya^[1]. Transformator merupakan peralatan listrik yang sering mengalami *overheat*. Maka dari itu diperlukan suatu system pengaturan suhu transformator dengan mengatur kecepatan *exhaust fan* untuk memantau suhu tersebut secara *real time* dan diharapkan tidak terjadi *overheat*. Sesuai dengan aturan SPLN D3.002-1: 2007 yang menyatakan bahwa suhu ambient pada ruang trafo tidak lebih dari 40⁰C dan suhu rata – rata harian yaitu 30⁰C^[2]. PLC digunakan sebagai system control yang akan memonitoring dan mengontrol suhu transformator secara digital sesuai dengan perintah Bahasa yang diberikan^[3].

2. METODOLOGI .

2.1 Konsep Penelitian

Alur system ini diawali dengan pembacaan sensor suhu. Suhu yang dibaca oleh sensor SHT20 akan dikirimkan ke PLC. Ketika suhu >30⁰C maka *Variable Speed Drive*(VSD) akan memerintah motor untuk menggerakkan fan agar ruang trafo menjadi dingin. Selain fan yang menyala, buzzer pun akan ikut menyala sebagai peringatan jika suhu transformator >30⁰C. Jika suhu kurang dari 30⁰C maka fan tidak akan menyala dan buzzer akan mati. Dari diagram alur diatas, maka dapat ditentukan diagram blok system.

Pada sisi input, transformator akan terhubung dengan 3 sensor yaitu sensor tegangan, sensor arus, dan sensor suhu yang berfungsi untuk mengetahui parameter yang diperlukan dalam penelitian, sehingga didapatkan informasi untuk di proses. Kemudian, informasi yang didapatkan dari sensor tersebut di terima oleh PLC pada bagian proses, sehingga dapat dilakukan perlakuan sesuai set point yang telah ditentukan.

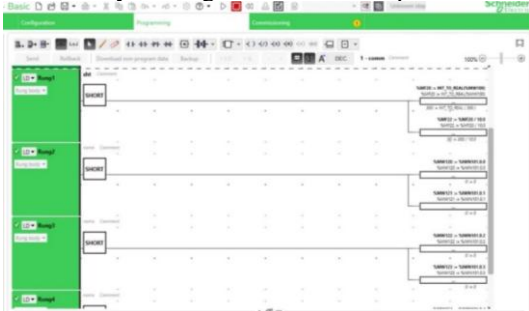


Gambar 2. 1 Blok Diagram Sistem

2.2 Sistem Kontrol Programmable Logic Control

PLC adalah kependekan dari *Programmable Logic Controller* yang dapat digunakan untuk segala kondisi dan mudah dalam pengoperasiannya. PLC ini merupakan sistem kontrol yang berdasarkan Central Processing Unit (CPU) yang menggunakan perangkat keras dan memori untuk mengendalikan proses. Kontrol jenis ini didesain untuk menggantikan hardware relay dan timer logic.

PLC Schneider M221 menggunakan input supply 100-240VAC sedangkan untuk tegangan output nya menggunakan 5-125VDC dan 5-250VAC selain itu PLC Schneider M221 memiliki 9 input digital dan 1 input analog dan juga memiliki 7 digital output yang digunakan untuk menyambung ke terminal komponen.



$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{0.008591K_c}{s^2 + 0.03088s + 0.016406}$$

3. Klasterisasi dan kalkulasi table Routh transfer fungsi Kc

Tabel 2. 1 Tabel Routh

S2	1.00	0.016406
S1	0.0309	0.008591Kc
S0	a1	

Perhitungan routh Hurwitz dimana Kp = Kc

$$a1 = \frac{0.0309 * 0.016406 - (1 \times 0.008591) K_p}{0.0309}$$

$$a1 = \frac{0.0005066 - 0.008591 K_p}{0.0309}$$

Jika a1 = 0, untuk mendapatkan suistance oscillation berdasarkan Root Locus dan Algoritma Transfer Fungsi Ogata melalui aplikasi simulasi pada aplikasi Ogata PID Simulation maka Perhitungan routh Hurwitz dapat menentukan besaran Kc sebagai berikut :

$$0 = \frac{0.0005066 - 0.008591 K_p}{0.0309}$$

$$0.008591K_p = 0.0005066$$

$$K_p = \frac{0.0005066}{0.008591}$$

$$K_p = 0.059$$

Untuk memperkuat dan validitas besaran nilai Kc atau konstanta proporsional atau konstanta critical (Kcr) maka diperlukan analisis dengan Root Locus untuk validasi transfer fungsi.

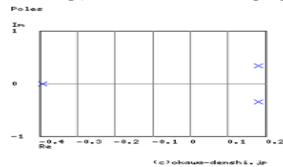
Setelah mendapatkan besaran nilai Kc yang terdapat pada garis imajiner oscillation maka diperlukan analisis dengan transfer fungsi dengan Algoritma Ogata Denshi.Jp untuk mendapatkan nilai frekuensi dari sistem transfer fungsi yang sudah sustain oscillation / stabil sebagai berikut:

Transfer Function Analysis

Transfer Function:
0.059
 $G(s) = \frac{0.059}{s^2 + 0.03088s + 0.007815s + 0.059}$

Pole(s)

$p = 0.1810595895181 + 0.3425565137579i$
 $[p] = 0.061666644261018[Hz]$
 $p = -0.3929991790362$
 $[p] = 0.062547761974669[Hz]$
 $p = 0.1810595895181 - 0.3425565137579i$
 $[p] = 0.061666644261018[Hz]$



Phase margin

$pm = 195.3[deg]$ ($f=0[Hz]$)

Oscillation frequency:

$f = 0.054519562452911[Hz]$

Overshoot (in absolute value)

The 1st peak $\xi_{pk} = 5.11$ ($t = 10.8[sec]$)
 The 2nd peak $\xi_{pk} = -20.6$ ($t = 20[sec]$)
 The 3rd peak $\xi_{pk} = 115$ ($t = 29[sec]$)

Gambar 2. 6 Transfer Function Analysis

Setelah mendapatkan besaran nilai frekuensi transfer fungsi pada sistem maka diperlukan analisis dengan transfer fungsi dengan Algoritma Okawa untuk mendapatkan nilai periode critical dari sistem transfer fungsi yang sudah *sustain oscillation* / stabil sebagai berikut :

$$P_{cr} = 1/f$$

$$= 1/0.054$$

$$= 18.52 \text{ second}$$

4. Metode Ziegler Nichols

$$K_p = 0.60 \times K_{cr}$$

$$= 0.60 \times 0.059$$

$$= 0.04$$

$$T_i = P_{cr} \times 0.5$$

$$= 18.52 / 2$$

$$= 9.26$$

$$T_d = P_{cr} \times 1/8$$

$$= 18.52 \times 1/8$$

$$= 2.31$$

Setelah nilai Ti dan Td telah diketahui dilanjutkan untuk mencari nilai Ki dan Kd dari metode Ziegler Nichols sebagai standart acuan grafik transfer fungsi.

$$K_p = 0.60 \times K_{cr}$$

$$= 0.60 \times 0.059$$

$$= 0.04$$

$$K_i = K_p/T_i$$

$$= 0.04 / 9.26$$

$$= 0.0038$$

Kd = Kp x Td

$$= 0.04 \times 2.31$$

$$= 0.0819$$

Tabel 2. 2 Tabel Nilai Kp, Ki, Kd

Paremeter	Rumus	Kalkulasi
Kp	Kp	0.04
Ki	Kp/Ti	0.0038
Kd	Kp x Td	0.0819

Sehingga rumus PID dari sistem dapat disubstitusikan nilai Kp, Ki dan Kd sebagai berikut:

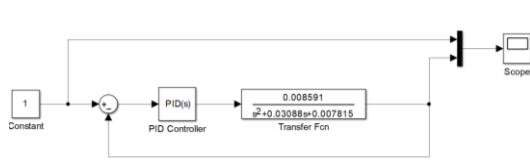
$$u(t) = K_p (e(t) + 1/T_i \int e + T_d de(t)/dt)$$

$$= (K_p x e) + (K_i x e) + (K_d x e)$$

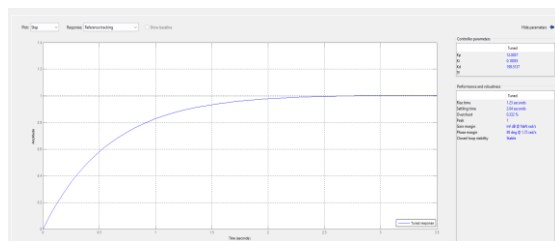
$$= (0.04 \times e) + (0.0038 \times e) + (0.0819 \times e)$$

2.3 Penerapan Nilai Kp, Ki, dan Kd Pada Matlab Simulink

Setelah mendapatkan semua nilai Kp, Ki, dan Kd kemudian nilai tersebut di masukan pada matlab simulink untuk melihat bagaimana kinerja dari metode tersebut.



Gambar 2. 7 Diagram Blok PID



Gambar 2. 8 Grafik Tunning PID

Tabel 2. 3 Nilai Kp, Ki, dan Kd

Paremeter	Kalkulasi
Ki	12.0037
Kp	0.18055
Kd	199.5137

Field	Value	Min	Max
RiseTime	1.2084	1.2084	1.2084
SettlingTime	2.0153	2.0153	2.0153
SettlingMin	0.9028	0.9028	0.9028
SettlingMax	1.0035	1.0035	1.0035
Overshoot	0.3502	0.3502	0.3502
Undershoot	0	0	0
Peak	1.0035	1.0035	1.0035
PeakTime	3.4865	3.4865	3.4865

Command Window

steady_state_error
5.6699e-04

Gambar 2. 9 Data PID

Pada gambar 4.35 menunjukkan hasil respon time PID Tuning yang didapat pada Tabel 4.15. Hasil menunjukkan *rise time* pada 1.2084s, lalu pada *settling time* didapat pada 2.0153, *overshoot* sebesar 0.3502, dan *steady state error* yang didapat adalah 5.6699e-04. Sehingga dapat disimpulkan dari simulasi diatas dimana PID Metode Ziegler Nichol tanpa menggunakan tuning yang mana *Set tuning* yang digunakan adalah *respond time = faster* dan *Transient Behavior : Rebut Min* lebih baik lebih baik dari pada PID yang telah di tuning, dikarenakan nilai *overshoot* pada PID Tuning lebih rendah yaitu 0.3502 dibanding dengan 56.59 pada *overshoot* sebelum PID.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

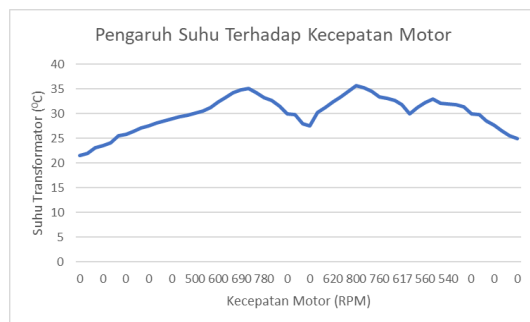
3.1 Pengujian Sistem Menggunakan Medotde

Bagian ini menjelaskan data yang diperoleh dari pembacaan sensor suhu SHT20 yang akan dikonversi oleh analog module pada program Ladder yang akan diterima oleh VSD (*Variable Speed Drive*) dan akan mengatur kecepatan motor sesuai frekuensi pada VSD. Data ditampilkan pada tabel dan gambar dibawah ini.

Tabel 3. 1 Tabel Pengujian Sistem Menggunakan Metode

Time	Set Point	Suhu	RPM	Time	Suhu	RPM
0	30	21,5	0	160	28	0
20	30	22	0	165	27,6	0
25	30	23,1	0	170	30,3	500
30	30	23,5	0	175	31,3	560
35	30	24,1	0	180	32,4	620
40	30	25,5	0	185	33,4	680
45	30	25,9	0	190	34,6	740
50	30	26,4	0	195	35,7	800
55	30	27,1	0	200	35,3	860
60	30	27,6	0	205	34,6	830
65	30	28,1	0	210	33,4	760
70	30	28,5	0	215	33,1	717
75	30	29	0	220	32,7	667
80	30	29,4	0	225	31,8	617
85	30	29,7	0	230	30	0

90	30	30,1	500	235	31,2	500
95	30	30,6	560	240	32,3	560
100	30	31,3	560	245	33	630
105	30	32,4	600	250	32,1	570
110	30	33,3	630	255	32	540
115	30	34,2	660	260	31,8	530
120	30	34,8	690	265	31,4	510
125	30	35,1	720	270	30	0
130	30	34,3	750	275	29,8	0
135	30	33,3	780	280	28,6	0
140	30	32,7	770	285	27,7	0
145	30	31,6	760	290	26,6	0
150	30	30	0	295	25,6	0
155	30	29,8	0	300	25	0



Gambar 3. 1 Pengaruh Suhu Terhadap Kecepatan Motor

Dari table dan grafik diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang terukur, maka frekuensi dan kecepatan motor akan naik. Set point pada system kali ini yaitu 30°C sesuai dengan aturan SPLN D3.002-1: 2007. Maka dari itu, ketika suhu berada pada 30°C maka motor dan fan akan otomatis menyala pada kecepatan 500 rpm. Selain motor dan fan menyala, buzzer akan ikut menyala sebagai alarm bahwa suhu sudah mencapai set point. Ketika suhu sudah dibawah 30°C maka alarm akan otomatis OFF.

Berdasarkan table diatas dapat diketahui bahwa rata – rata suhu yang dihasilkan adalah 30,1°C

dari setpoint 30°C dengan kecepatan 500 rpm. Pengujian tersebut menunjukkan bahwa energi motor yang terpakai hanya sebesar 500 rpm yang berarti daya motor yang terpakai hanya 33%.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa sistem yang dijalankan dengan menggunakan metode hanya menggunakan 33% dari daya motor yang terpakai dengan kecepatan hanya 500 rpm pada suhu trafo 30°C. Artinya, terjadi penghematan daya sebesar 67% dari motor yang digunakan.

5. PUSTAKA

- [1] Widodo, H. A., Bima, M., Mudjiono, U., & Kristiawan, I. (2018, December). Pembuatan Sistim Monitoring dan Pengendalian Suhu Gardu Trafo dengan Internet Of Things. In Seminar MASTER PPNS (Vol. 3, No. 1, pp. 123-132).
- [2] Prasetyo, B. E., Putra, W. H. N., Syauqy, D., Bhawiyuga, A., Wibowo, S. S., Ronilaya, F., ... & Adhisuwarnjo, S. (2020). Sistem Monitoring Trafo Distribusi PT. PLN (Persero) berbasis IoT. Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 7(1), 205-210.
- [3] TAUFIK, M. N. H. (2019). PROTOTYPE SISTEM MONITORING DAN PENGENDALIAN SUHU UDARA MENGGUNAKAN METODE PID DI RUANG TRANSFORMATOR BERBASIS IOT (Doctoral dissertation, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya).
- [4] M. Budianto, A. Wijaya, Pengenalan Dasar – dasar PLC (Programmable Logic Controller), Gava Media Yogyakarta, 2003.
- [5] Johnson, M. A., & Moradi, M. H. (2005). PID control (pp. 47-107). London, UK: Springer-Verlag London Limited.