

SISTEM KENDALI SUHU PADA PENGERINGAN ECENG GONDOK BERBASIS HMI

Hanif Dwi Rahmansyah¹, Ibrahim Nawawi², Hery Teguh Setiawan³

^{1,2}Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman No.39, Potrobangsari, Kec. Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah 56116, Telp. (0293) 364113, Fax (0293) 362438

Riwayat artikel:

Received: 28 November 2022

Accepted: 29 Desember 2023

Published: 1 Januari 2024

Keywords:

Outseal;

PID;

Ziegler Nichols;

HMI.

Correspondent Email:

hanifdwi@students.untidar.ac.id

Abstrak. Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan tanaman gulma yang hidup di perairan dengan dampak yang ditimbulkannya ialah kerusakan ekosistem di perairan. Eceng gondok memiliki kandungan nutrisi yang tinggi yakni berupa serat kasar 4.08%, protein kasar 3.55%, karbohidrat 8.22%, kadar abu 3.93%. Dari kandungan tersebut, eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai pakan ikan. Pemanfaatan teknologi yang dapat dikembangkan dari penelitian yang sudah ada sesuai dengan permasalahan yang telah dipaparkan merupakan sistem kontrol suhu pada eceng gondok menggunakan *processor Outseal Nano* berbasis *Human Machine Interface* (HMI) menggunakan kontroler PID metode Ziegler-Nichols. Pengeringan akan dilakukan dengan suhu sebesar 60°C dan 75°C dalam waktu 60 menit. Hasil penelitian dengan parameter $K_p = 6.25$; $K_i = 58.5$; dan $K_d = 0.3$ menghasilkan respon sistem dengan *rise time* 0.0988s, *settling time* 0.4280s, *overshoot* 12.5224%. Pada suhu pengeringan 60°C selama 60 menit menghasilkan kekeringan sebesar 63.3% sedangkan pada suhu 75°C selama 60 menit menghasilkan kekeringan sebesar 70%. Pada penelitian ini telah dibuktikan bahwa menggunakan kontrol PID menghasilkan sistem yang lebih baik.

Abstract. Water hyacinth (*Eichornia crassipes*) is a water weed that has a harmful impact on the aquatic ecosystem. It has a high nutrient content, including 4.08% crude fiber, 3.55% crude protein, 8.22% carbohydrates, and 3.93% ash. Because of these contents, water hyacinth is suitable as fish food. One potential technology that can be develop from existing research to address this issue is a temperature control system for water hyacinth. This system would utilize an Outseal Nano processor with a Human Machine Interface (HMI) and a PID controller based on the Ziegler-Nichols method. Drying would occur at 60°C and 75°C for 60 minutes. Research findings with parameters $K_p = 6.25$; $K_i = 58.5$; and $K_d = 0.3$ indicate that the system response has a rise time of 0.0988s, a settling time of 0.4280s, and an overshoot of 12.5224%. At a drying temperature of 60°C for 60 minutes, the water hyacinth reaches a dryness of 63.3%, while at a temperature of 75°C for 60 minutes, it reaches a dryness of 70%. This research has proven that using PID control produces a more effective system.

1. PENDAHULUAN

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan tanaman gulma yang hidup di perairan dengan dampak yang ditimbulkannya

ialah kerusakan ekosistem di perairan. Dampak negatif yang ditimbulkan tersebut dapat dikendalikan dengan pemanfaatan eceng gondok mengingat eceng gondok memiliki kandungan nutrient yang tinggi yakni berupa

serat kasar 4.08%, protein kasar 3.55%, karbohidrat 8.22%, kadar abu 3.93% [1]. Dari kandungan tersebut, eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai pakan ikan [2].

[3] telah melakukan penelitian dengan merancang *oven drying* sebagai alat pengering eceng gondok menggunakan metode PID. Tujuan dari penelitiannya untuk mempersingkat waktu pengeringan eceng gondok dan menjaga suhu sesuai yang diinginkan. Sensor thermokopel tipe-K digunakan untuk membaca suhu pada oven dengan kisaran pembacaan - 270°C sampai 1.350°C. Penelitian ini menggunakan Arduino Uno yang berfungsi sebagai *processor* pada sistem untuk melakukan pengolahan data sesuai apa yang diinginkan.

Pemanfaatan teknologi yang dapat dikembangkan dari penelitian yang sudah ada sesuai dengan permasalahan yang telah dipaparkan merupakan sistem kontrol suhu pada eceng gondok menggunakan *processor Outseal Nano* dan berbasis *Human Machine Interface (HMI)*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

Eceng gondok adalah tanaman yang hidup di perairan dengan cara mengapung dengan memiliki nama latin *Eichornia crassipes*. Tanaman ini pertama kali ditemukan oleh seorang ahli botani dari Jerman yang ditemukan pada Sungai Amazon, Brazil.

Eceng gondok dikatakan sebagai tanaman gulma karena melimpahnya eceng gondok dapat menghalangi sinar cahaya matahari masuk ke dalam air yang dibutuhkan untuk kehidupan dan menghambat suplai oksigen ke dasar perairan [2].

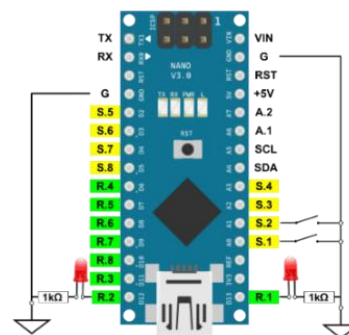
Eceng gondok memiliki sifat yang kuat dalam persaingan di lingkungannya dan cenderung untuk cepat berkembang biak. Disebabkan kandungan nutrisi pada air yang tinggi yakni nitrogen, potassium dan fosfat [4].



Gambar 2. 1 Eceng Gondok

2.2 Outseal Nano

Outseal nano merupakan *Programmable Logic Controller (PLC)* yang dibangun dari Arduino nano yang memiliki 8 digital *input* 2 analog *input* dan 8 digital *output*. Keunggulan *Programmable Logic Controller (PLC)* jenis ini adalah ukurannya yang kecil dan harga yang terjangkau. Perancangan logika pada *outseal nano* membutuhkan *software outseal studio* dengan pemrogramannya menggunakan *ladder diagram* [5].



Gambar 2. 2 Outseal Nano

2.3 Heater DC Fan

Heater dc fan merupakan pemanas yang terintegrasi dengan kipas di dalamnya yang digunakan untuk menyalurkan panas dari komponen *heater*. *Heater* ini banyak digunakan untuk inkubator telur dan pemanas ruangan dengan beroperasi pada tegangan 12Vdc suhu yang dihasilkan mencapai $\pm 100^{\circ}\text{C}$.



Gambar 2. 3 Heater DC Fan

2.4 Thermocouple Type K

Thermocouple type K merupakan salah satu sensor *Resistance Temperature Detector* (RTD) yang dimana untuk pengukurannya menggunakan prinsip perubahan resistansi listrik logam yang dipengaruhi oleh suhu di sekitarnya [6].

Sensor suhu *Thermocouple type K* memiliki perbandingan antara jumlah resistansi yang diterima dengan suhu yang akan dibaca. Pada 0 °C sesuai dengan resistansi 100 Ω maka tingkat resistansi suhu yang dibaca sebesar 0.3851 Ω/°C [7]. Kelebihan penggunaan sensor suhu *Thermocouple type K* ini yaitu pengukuran dengan akurasi yang tinggi dan respon perubahan yang dibaca cepat [8].



Gambar 2. 4 Thermocouple Type K

2.5 Thermal System

Thermal system merupakan sistem yang melibatkan perpindahan panas dari suatu zat ke zat lain sehingga mengalami perubahan *temperature*. Pada *thermal system* memiliki 2 kondisi yang terjadi pada saat ingin terciptanya perpindahan panas yaitu resistansi dan kapasitansi [9]. Resistansi *thermal* terjadi akibat adanya hambatan pada suatu bahan yang bersifat menolak panas berbeda dengan resistansi *thermal*, pada kapasitansi *thermal* yaitu kemampuan bahan untuk menyimpan dan menyerap panas yang dialirkan oleh sumber panas. Berikut merupakan persamaan perpindahan panas pada jenis konveksi dan konduksi [9].

$$q = K \Delta\theta \quad 2.1$$

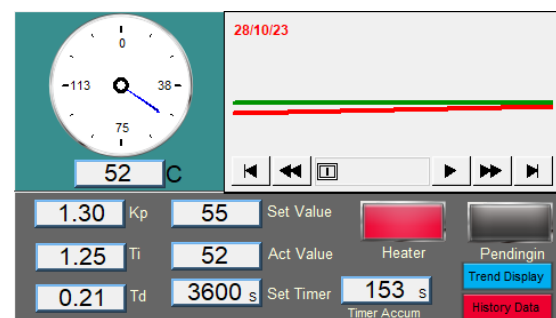
Pada koefisien *thermal conductivity* dicari tergantung dari bahan yang digunakan pada sistem yang dimana pada setiap bahan memiliki *thermal conductivity* memiliki nilai yang berbeda-beda.

$$K = \frac{k A}{\Delta X} ; \text{ untuk konduksi} \quad 2.2$$

$$= H A ; \text{ untuk konveksi}$$

2.6 Human Machine Interface (HMI)

Human Machine Interface (HMI) merupakan *interface* perangkat lunak antara sistem yang dijalankan dengan operator atau pengamat. Pada umumnya *Human Machine Interface* (HMI) terdiri dari komputer pusat yang digunakan untuk mengontrol dan *monitoring* sistem. Tujuan penggunaan dari *Human Machine Interface* (HMI) yakni untuk mengumpulkan atau menampilkan informasi dari proses sistem yang berjalan [10].



Gambar 2. 5 Human Machine Interface (HMI)

2.7 Kontroler PID

PID kontroler merupakan salah satu kontroler dengan memiliki 3 parameter konstanta yakni *Proportional* (Kp), *Integral* (Ti) dan *Derivative* (Td). Konstanta tersebut memiliki karakteristik masing-masing. Kontroler digunakan sebagai mengurangi dan menghilangkan kesalahan *actual value* dengan *setting value* [11].

Parameter-parameter pada orde dua terhadap unit masukan *step*, antara lain [12]:

1. Waktu tunda (*delay time*)(t_d)

Waktu keterlambatan respon diukur mulai $t=0s$ sampai respon mencapai 50% dari *steady state*.

2. Waktu naik (*rise time*)(t_r)

Waktu yang diukur dari $t=0s$ sampai respon memotong sumbu *steady state* yang pertama.

3. Waktu puncak (*peak time*)(t_1)

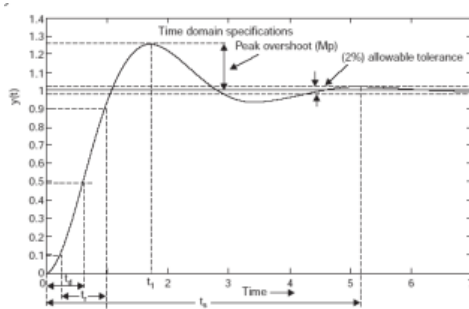
Waktu yang diukur dari $t=0s$ sampai respon mencapai puncak pertama (*overshoot*).

4. *Overshoot*(M_p)

Nilai relatif perbandingan antara nilai *steady state* dengan nilai *overshoot* yang melampaui nilai *steady state*.

5. Waktu tunak (*settling time*)(t_s)

Waktu yang menyatakan respon telah masuk $\pm 5\%$, atau $\pm 2\%$, atau $\pm 0.5\%$ dari nilai *steady state*.



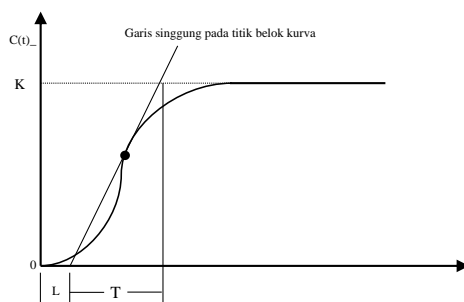
Gambar 2. 6 Parameter Keluaran Respon

2.8 Ziegler Nichols

Terdapat dua metode dalam penalaan Ziegler-Nichols yakni metode kurva reaksi dan metode osilasi yang dimana kedua metode tersebut memiliki tujuan untuk menghasilkan respon sistem dengan lonjakan maksimum sebesar 25% [13].

1. Metode Kurva Reaksi

Kurva S dapat menghasilkan dua konstanta yaitu waktu tunda (L) dan konstanta waktu (T) yang dimana kedua konstanta ini dihasilkan dengan menarik garis singgung pada titik belok kurva.



Gambar 2. 7 Kurva Reaksi

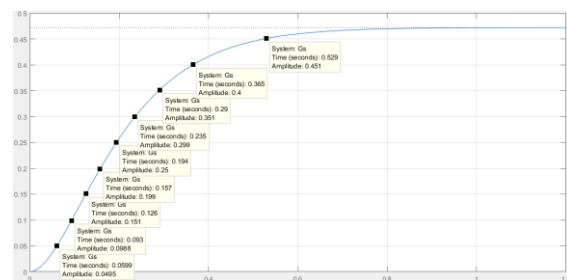
Garis singgung merupakan sebuah garis lurus yang menyinggung atau menyentuh pada titik kurva, dengan persamaan linier sebagai berikut [12]:

$$y = mx + c \quad 2.3$$

Koordinat yang melewati garis lainnya memiliki persamaan,

$$y = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} x + y_1 - \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} x_1 \quad 2.4$$

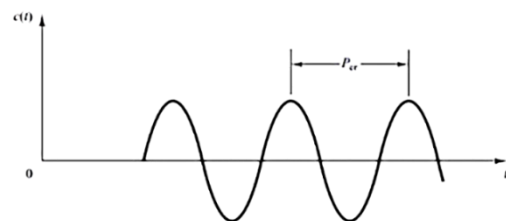
Pengambilan pasangan pada respon sistem yaitu titik $\leq 50\%$ kondisi tunak sebagai koordinat ($x_a; y_a$), titik $\geq 50\%$ kondisi tunak sebagai kondisi koordinat kedua ($x_b; y_b$) dan titik 50% dari kondisi tunak menjadi koordinat ($x_1; y_1$) [12]. Pada penalaan Ziegler-Nichols pengambilan titik koordinat bisa diambil menggunakan 40%-60% kondisi tunak, 30%-70% kondisi tunak, 20%-80% kondisi tunak dan 10%-90% kondisi tunak [12].



Gambar 2. 8 Ilustrasi Respon Sistem dengan Titik Koordinat

2. Metode Osilasi

Metode ini merupakan metode yang didasarkan pada sistem untaian tertutup. Pada metode ini respon sistem berbentuk osilasi dengan parameter integer diatur $T_i = \infty$ dan diferensial $T_d = 0$.



Gambar 2. 9 Respon Sistem Osilasi

Penalaan dari kedua metode tersebut akan disubstitusikan ke dalam persamaan berikut untuk menghasilkan parameter K_p , T_i dan T_d .

Tabel 2. 1 Persamaan Ziegler Nichols

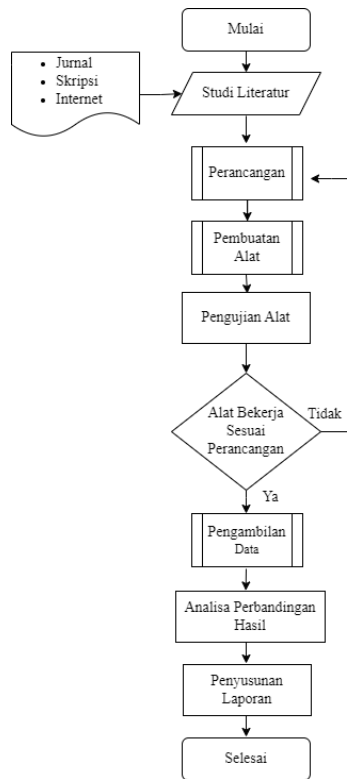
Tipe Kontroler	Metode Kurva Reaksi			Metode Osilasi		
	K_p	T_i	T_d	K_p	T_i	T_d
P	T/L	\sim	0	$0.5K_{cr}$	\sim	0
PI	$0.9 T/L$	$L/0.3$	0	$0.4K_{cr}$	$0.8P_{cr}$	0
PID	$1.2 T/L$	$2L$	$0.5 L$	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.12P_{cr}$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian pada sistem kontrol suhu untuk pengeringan eceng gondok (*Eichornia*

crassipes) sebagai pakan ikan bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) berbasis *Human Machine Interface* (HMI) memiliki beberapa tahapan dalam pelaksanaannya.

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1.1 Studi Literatur

Tahap pertama pada penelitian ini dilakukannya studi literatur diantaranya dari jurnal ilmiah, buku, dan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

3.1.2 Perancangan Alat

Perancangan alat dalam tahap penelitian ini terdapat dua yakni perancangan perangkat lunak dan perancangan perangkat keras.

3.1.3 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk melihat kelayakan kinerja sistem dan kesesuaian dengan perancangan yang dibuat.

3.1.4 Uji Validitas dan Pengambilan Data

Data yang diambil berupa *setting value* suhu dan waktu dengan melakukan uji validitas terhadap berat eceng gondok (*Eichornia*

crassipes) sebelum dan sesudah pengeringan serta keakuratan *set value*.

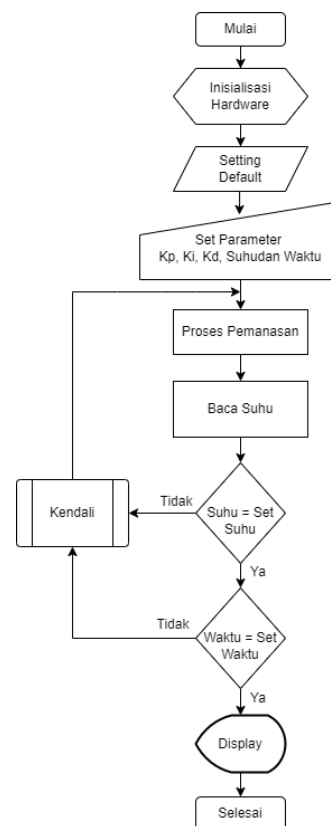
3.1.5 Analisa Hasil dan Pembahasan

Data yang sudah diperoleh pada tahap sebelumnya akan dianalisa serta dilakukan pembahasan terkait data yang sudah dianalisa tersebut.

3.1.6 Penyusunan Laporan

Tahap terakhir dari penelitian yakni penyusunan laporan. Permasalahan dan hasil usaha pemecahan masalah akan dituangkan di dalam laporan.

3.2 Alur Kerja Sistem

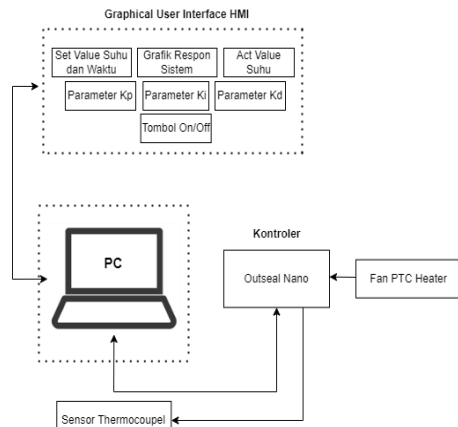


Gambar 3. 2 Alur Kerja Sistem

Sistem akan menginisialisasi *hardware* yang digunakan kemudian sistem akan *default* pada setiap parameternya sehingga bisa diatur ulang untuk parameter Kp, Ki, Kd, suhu dan waktu yang akan bekerja. Sistem akan *running* sehingga proses pemanasan dimulai, suhu akan dibaca menggunakan sensor thermokopel yang dimana jika suhu dan waktu belum memenuhi nilainya maka proses pemanasan akan terus berjalan sampai mencapai nilai sesuai *setting* suhu dan waktu. Proses tersebut akan

ditampilkan pada *display* yakni setiap terjadinya perubahan suhu dan waktu pada sistem.

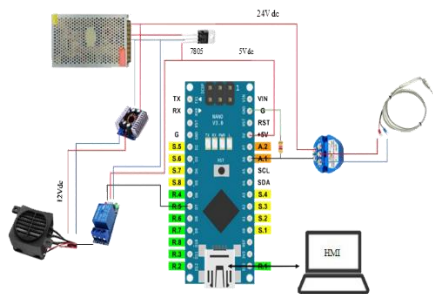
3.3 Diagram Blok Sistem



Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem

Outseal sebagai kontroler akan terhubung satu sama lain dengan PC sebagai HMI yang dimana akan menampilkan *set value* suhu dan waktu, grafik respon sistem, *act value* suhu, parameter Kp, parameter Ti, parameter Td dan tombol *On/Off*. Sedangkan sensor PT 100 akan menjadi *feedback* pada *outseal* untuk pembacaan suhu yang sudah sesuai. *Output* sistem nya ialah *fan heater* sebagai komponen yang berfungsi untuk menghantarkan panas.

3.4 Perancangan IO Sistem

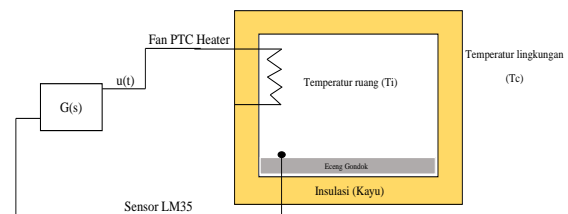


Gambar 3. 4 Perancangan IO Sistem

Sistem menggunakan 1 *input* analog sensor suhu PT 100 yang dihubungkan pada pin analog *outseal nano* untuk pembacaan suhu dalam ruang pengeringan. Proses dari sistem yang diterapkan pada *outseal nano* berupa kontrol PID *set value* suhu dan *set value* waktu pengeringan. *Output* sistem akan menyesuaikan hasil dari *input* dan proses sebelumnya.

3.5 Perancangan Kontroler PID

Kontroler PID menggunakan metode Ziegler-Nichols dengan memperhatikan setiap respon sistem terhadap masukan parameter Kp, Ki dan Kd. *Tuning* PID menggunakan metode Ziegler-Nichols dilakukan.



Gambar 3. 5 Perencanaan Sistem

Sistem merupakan sistem *second orde* atau orde dua karena pengaruh temperatur dari eceng gondok dan temperatur lingkungan, sehingga peninjauan dilakukan antara temperatur ruang dengan temperatur lingkungan dan temperatur ruang dengan temperatur eceng [9].

Termperatur lingkungan (T_1) akan mempengaruhi temperatur yang berada didalam ruang.

$$Cd\theta = (T_0 - T_1) dt \quad 3.1$$

$$C \frac{d\theta}{dt} = (T_0 - T_1)$$

$$R_1 C \frac{d\theta}{dt} + \theta = R_1(T_0)$$

Persamaan 3.1 menggunakan transformasi laplace diperoleh :

$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{R_1}{R_1 Cs + 1} \quad 3.2$$

Termperatur yang dimiliki eceng gondok (T_2) akan mempengaruhi temperatur yang berada didalam ruang.

$$Cd\theta = (T_0 - T_2) dt \quad 3.3$$

$$C \frac{d\theta}{dt} = (T_0 - T_2)$$

$$R_2 C \frac{d\theta}{dt} + \theta = R_2(T_0)$$

Persamaan 3.3 menggunakan transformasi laplace diperoleh :

$$\frac{T_2}{T_0} = \frac{R_2}{R_2 Cs + 1} \quad 3.4$$

Ketika kondisi eceng gondok masuk kedalam ruang pengering maka :

$$G(s) = T_1(s) - T_2(s)$$

$$G(s) = \frac{R_1}{R_1Cs + 1} - \frac{R_2}{R_1Cs + 1}$$

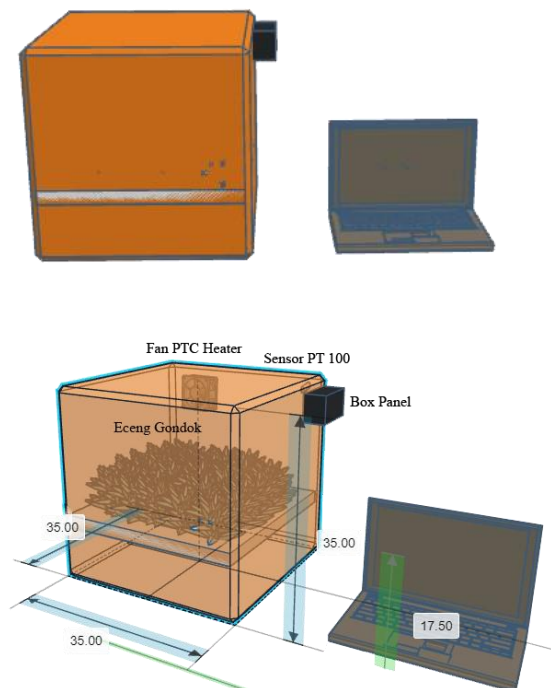
Hasil perhitungan matematis untuk *transfer function* yaitu :

$$G(s) = \frac{R_1 + R_2}{(R_1Cs + 1)(R_1Cs + 1)} \quad 3.5$$

Penalaan ziegler-nichols yang digunakan akan menggunakan metode kurva S yakni dengan melihat respon sistem yang berbentuk kurva S.

3.6 Perancangan Desain Sistem

Proses pengeringan akan dilakukan didalam kotak dengan dimensi 25 x 30 cm. Terdiri dari *panel box*, sensor PT 100, *fan heater* dan laptop yang digunakan sebagai HMI. *Fan heater* diletakan ujung kiri atas *box* sedangkan sensor PT 100 berada di ujung kanan atas.



Gambar 3. 6 Perancangan Desain Sistem

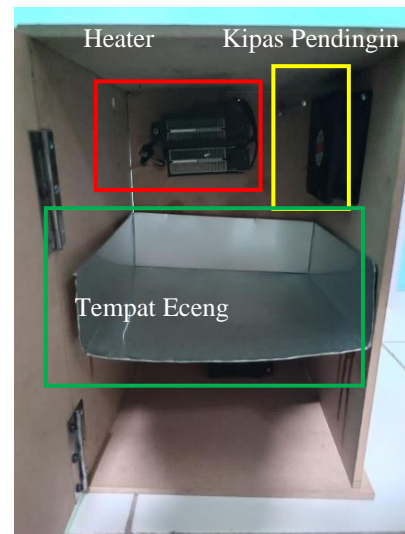
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Perancangan Alat



Gambar 4. 1 Realisasi Perancangan Alat

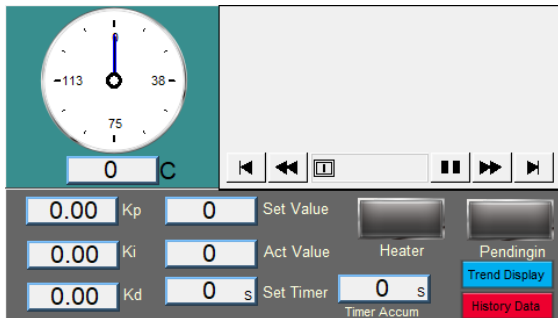
Proses pengeringan eceng gondok akan dilakukan pada sebuah *box* berukuran 25x30 cm.



Gambar 4. 2 Tempat Pengeringan Eceng Gondok

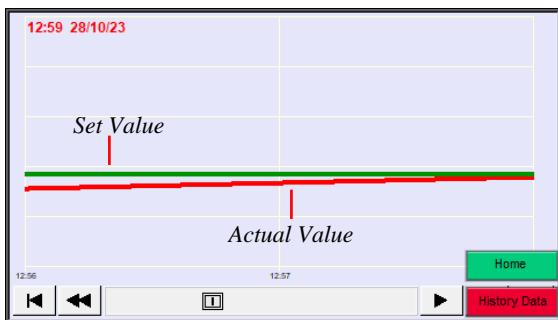
4.2 Realisasi Perancangan HMI

Simulasi HMI secara *online* menggunakan aplikasi Easybuilder yang dimana HMI yang dibuat memiliki beberapa fitur dan beberapa *layer*. HMI menggunakan *device type* MODBUS RTU (*Adjustable*) dengan *baudrate* disesuaikan pada outseal studio yaitu 57600 dan *location local*.



Gambar 4. 3 Layer 1

Layer 1 (Home) memiliki beberapa fitur yang diantaranya, *monitoring* suhu, kondisi *heater*, kondisi pendingin dan lamanya sistem bekerja secara *real time* (*timer accum*). Selain itu pada layer 1 juga memiliki *function numeric* yang digunakan sebagai *input* nilai Kp, Ki, Kd, *set value* dan *set timer*.



Gambar 4. 4 Layer 2

Layer 2 (*Trend display*) digunakan untuk melihat respon sistem antara *set value* dengan *actual value* secara *real time*. *Trend display* berwarna hijau menggambarkan *set value* sedangkan untuk berwarna merah menggambarkan kondisi *actual value*.

No.	Time	Date	Actual Value	Set Value
1378	20:44	28/11/23	45	60
1377	20:44	28/11/23	45	60
1376	20:44	28/11/23	45	60
1375	20:44	28/11/23	45	60
1374	20:44	28/11/23	45	60
1373	20:44	28/11/23	45	60
1372	20:44	28/11/23	45	60
1371	20:44	28/11/23	45	60
1370	20:44	28/11/23	45	60
1369	20:44	28/11/23	45	60
1368	20:44	28/11/23	44	60
1367	20:44	28/11/23	44	60
1366	20:44	28/11/23	45	60

Gambar 4. 5 Layer 3

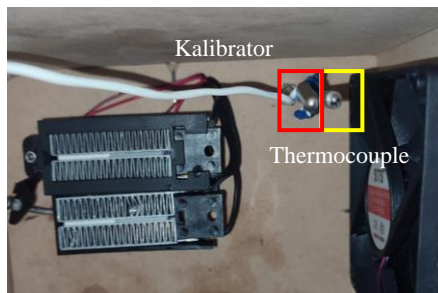
Layer 3 (*History data*) digunakan untuk mencatat *actual value* dan *set value* pada setiap 1 detik dan akan langsung tersimpan pada *device* dengan tipe file xls. Berikut merupakan beberapa objek serta *address* yang digunakan pada HMI.

Tabel 4. 1 Address HMI

Objek	Address	Fungsi
Meter display	4x0	Menampilkan suhu <i>actual</i>
Numeric 1	4x0	Menampilkan suhu <i>actual</i>
Trend display	LW0 Logging_1	Menampilkan suhu <i>set value</i> dan <i>actual value</i> dengan grafik
Numeric 2	6x2	Input parameter Kp
Numeric 3	6x3	Input parameter Ki
Numeric 4	6x4	Input parameter Kd
Numeric 5	6x1	Input parameter <i>set value</i>
Numeric 6	4x0	Menampilkan suhu <i>actual</i>
Numeric 7	6x25	Input parameter waktu
Numeric 8	4x26	Menampilkan waktu yang berjalan
Bit lamp 1	0x1	Indikator <i>heater</i>
Bit lamp 2	0x2	Indikator pendingin
Function key (trend display)	Window trend display	Berpindah layer ke trend display
Function key (history data)	Window history data	Berpindah layer ke history data
Function key (home)	Window home	Berpindah layer ke home

4.3 Kalibrasi Sensor Thermocouple Tipe K

Kalibrasi sensor dilakukan sebanyak 2 kali dengan menggunakan kalibrator thermometer digital dilakukan selama 10 menit pada setiap menit ke-5 sampai menit ke-10 pintu *box* dibuka untuk menciptakan perubahan suhu.



Gambar 4. 6 Posisi Kalibrator dan Thermocouple

Tabel 4. 2 Kalibrasi Sensor Thermocouple Pertama

Waktu (Menit)	Thermocouple (°C)	Kalibrator (°C)	Selisih (°C)
1	34	26.1	7.9
2	34	26.2	7.8
3	34	26.2	7.8
4	34	26.2	7.8
5	34	26.2	7.8
6	34	25.9	8.1
7	33	25.3	7.7
8	33	24.8	8.2
9	33	24.5	8.5
10	32	24.3	7.7
Rata-Rata			7.93

Kalibrasi pertama menggunakan nilai (-95) pada *offset* di *function scale ladder diagram* yang dimana menghasilkan selisih rata-rata antara *thermocouple* dengan kalibrator sebesar 7.93. Nilai tersebut masih memiliki selisih yang besar sehingga dilakukan kalibrasi kembali.

Tabel 4. 3 Kalibrasi Sensor Thermocouple Kedua

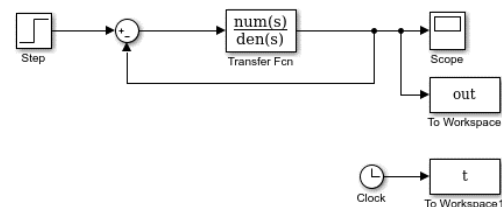
Waktu (Menit)	Thermocouple (°C)	Kalibrator (°C)	Selisih
1	26	26	0
2	26	26	0
3	26	26.1	0.1
4	26	26.1	0.1
5	26	26.1	0.1
6	25	25.6	0.6
7	25	25.1	0.1
8	25	24.7	0.3

9	24	24.3	0.3
10	24	24.1	0.1
Rata-Rata			0.17

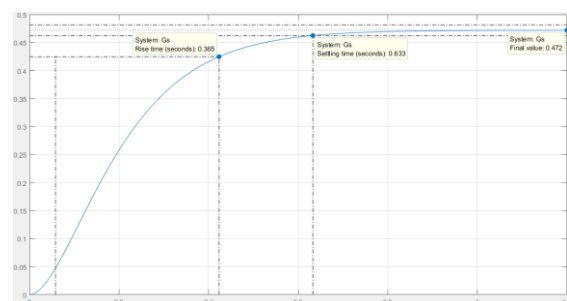
Kalibrasi kedua menggunakan nilai (-103) pada *offset* di *function scale ladder diagram* yang dimana menghasilkan selisih rata-rata antara *thermocouple* dengan kalibrator sebesar 0.17. Nilai tersebut memiliki selisih yang kecil sehingga kalibrasi tidak dilakukan kembali.

4.4 Penentuan Parameter PID

Penentuan parameter PID digunakan untuk menemukan parameter K_p , T_i , dan T_d menggunakan metode Ziegler-Nichols. Melalui persamaan 3.5 maka ditemukan respon sistem sebagai berikut.



Gambar 4. 7 Diagram Block Transfer Function

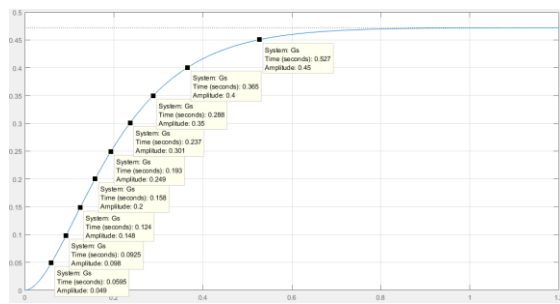


Gambar 4. 8 Respon Sistem

Dari gambar 4.8 diperoleh karakteristik dari respon sistem sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Karakteristik Respon Sistem

Respon Sistem	Nilai
Rise Time	0.365
Settling Time	0.633
Overshoot	0
Steady State Error	52.8%
Peak Time	1.2



Gambar 4. 9 Pasangan Titik Koordinat

Penarikan garis singgung akan menggunakan pengambilan pasangan koordinat pada setiap keadaan tunak dari respon sistem. Pada kondisi $\leq 50\%$ dari keadaan tunak menjadi koordinat pertama (x_a, y_a) kondisi $\geq 50\%$ dari keadaan tunak menjadi koordinat kedua (x_b, y_b) dan kondisi 50% dari keadaan tunak (x_1, y_1).

Tabel 4. 5 Parameter Hasil Pasangan Titik Koordinat

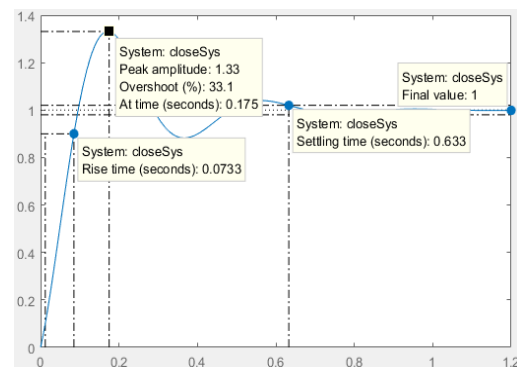
%Tunak	$f(x)$	T	L
40%-60%	$1.266x - 0.004$	0.332	0.043
30%-70%	$1.231x + 0.011$	0.326	0.048
20%-80%	$1.11x + 0.035$	0.344	0.050
10%-90%	$0.86x + 0.084$	0.398	0.053

Pada tabel 4.4 diperoleh parameter T dan L kemudian parameter tersebut akan dimasukkan kedalam persamaan penalaan Ziegler Nichols yang terdapat pada tabel 2.1 untuk memperoleh parameter PID.

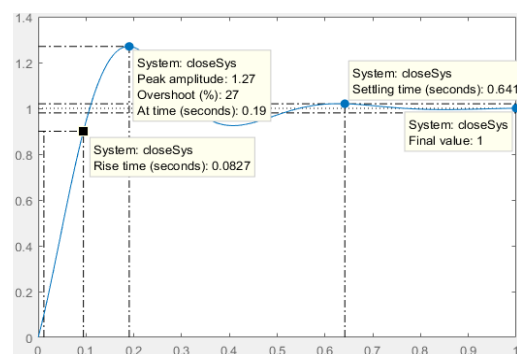
Tabel 4. 6 Parameter PID

%Tunak	Kp	Ti	Td	Ki	Kd
40%-60%	9.26	0.086	0.021	107.67	0.19
30%-70%	8.15	0.096	0.024	84.89	0.1956
20%-80%	8.256	0.1	0.025	82.5	0.20
10%-90%	9.01	0.106	0.026	85	0.23

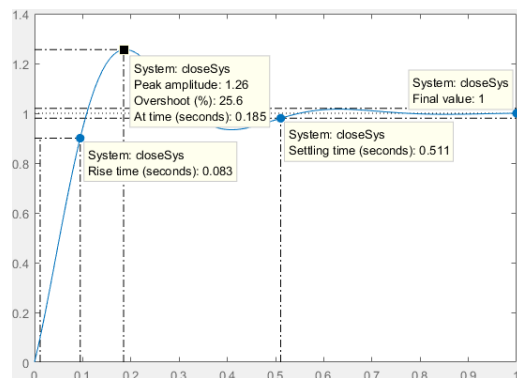
Parameter PID yang dihasilkan menunjukkan karakteristik yang berbeda pada setiap nilainya, sesuai dengan parameter PID yang dimasukkan pada sistem.



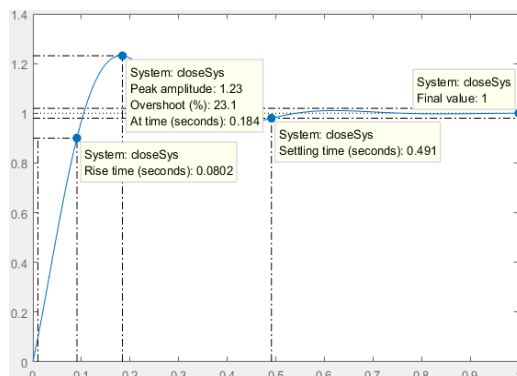
Gambar 4. 10 Hasil Simulasi Kondisi 40%-60% Kondisi Tunak



Gambar 4. 11 Hasil Simulasi Kondisi 30%-70% Kondisi Tunak



Gambar 4. 12 Hasil Simulasi Kondisi 20%-80% Kondisi Tunak



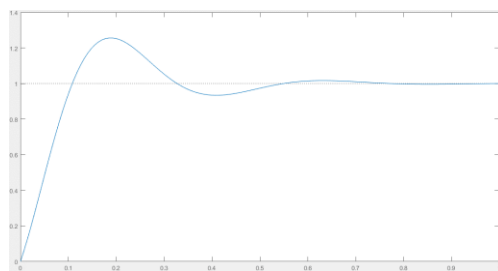
Gambar 4. 13 Hasil Simulasi Kondisi 10%-90% Kondisi Tunak

Hasil simulasi tersebut menghasilkan karakteristik masing-masing yang berbeda.

Tabel 4. 7 Karakteristik Respon Sistem

Kondisi %Tunak	Rise Time	Settling Time	Peak Amplitude	Overshoot
40%-60%	0.0733	0.663	1.33	33.1%
30%-70%	0.0827	0.641	1.27	27%
20%-80%	0.083	0.511	1.26	25.6%
10%-90%	0.0802	0.491	1.23	23.1%

Kondisi yang paling masuk untuk metode Ziegler Nichols yaitu membuat respon memiliki *overshoot* 25% yaitu dengan mengambil garis singgung 20%-80% kondisi tunak yang dimana pada 20%-80% kondisi tunak memiliki parameter $K_p = 8.256$; $K_i = 82.5$ dan $K_d = 0.2$.

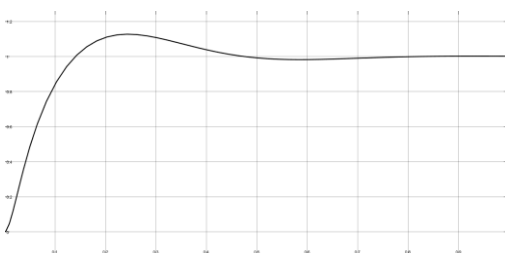


Gambar 4. 14 Respon Sistem $K_p = 8.256$ $K_i = 82.5$ dan $K_d = 0.2$

4.5 Fine Tuning PID

Hasil penentuan parameter PID menggunakan Ziegler Nichols dinilai masih memiliki kondisi *overshoot* yang lumayan tinggi yaitu 25.6% sehingga penulis melakukan *fine tuning* PID dengan melakukan perubahan parameter PID sesuai dengan sifat-sifat dari parameter PID.

Permasalahan yang terjadi yaitu tinggi nya *overshoot* 1 maka hal yang perlu dilakukan yaitu dengan mengurangi K_p K_i dan meningkatkan nilai K_d . Menggunakan parameter $K_p = 6.256$ $K_i = 58.5$ dan $K_d = 0.3$.

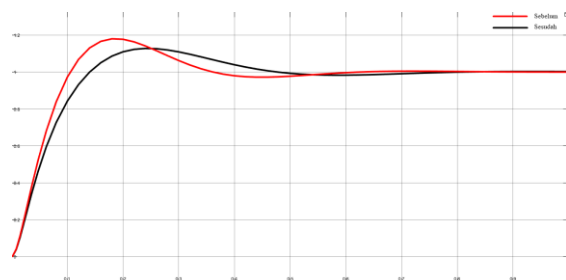


Gambar 4. 15 Respon Sistem *Fine Tuning* PID

Tabel 4. 8 Karakteristik Respon *Fine Tuning*

Respon Sistem	Nilai
Rise Time	0.0988
Settling Time	0.4280
Overshoot %	12.5224
Peak Amplitude	1.1276

Setelah dilakukan *fine tuning* menggunakan $K_p = 6.256$ $K_i = 58.5$ dan $K_d = 0.3$ menghasilkan respon sistem yang cukup baik dengan pengurangan *overshoot* mencapai 13.38%.



Gambar 4. 16 Perbandingan Respon Sistem Sebelum dan Sesudah *Fine Tuning*

Tabel 4. 9 Perbandingan Karakteristik Sistem Sebelum dan Sesudah *Fine Tuning*

Respon Sistem	Sebelum Tuning	Sesudah Tuning
Rise Time	0.0830	0.0988
Settling Time	0.511	0.4280
Overshoot %	25.6	12.5244
Peak Amplitude	1.26	1.12276

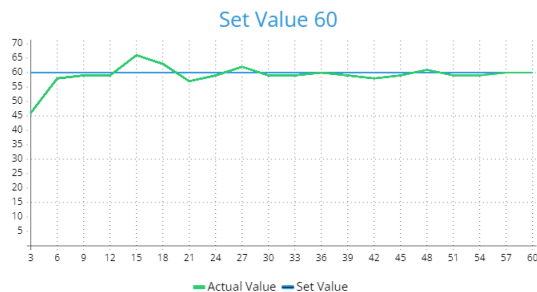
4.6 Uji Coba Sistem Set Value 60°C

Uji coba akan dilakukan dengan *set value* 60 °C selama 60 menit. Pada uji coba ini berat awal eceng gondok merupakan 30 gram dan suhu kondisi awal yaitu 33 °C.

Tabel 4. 10 Uji Coba Sistem Set Value 60°C

Waktu (Menit)	Set Value (°C)	Actual Value (°C)
3	60	46
6	60	58
9	60	59
12	60	59

15	60	66
18	60	63
21	60	57
24	60	59
27	60	62
30	60	59
33	60	59
36	60	60
39	60	59
42	60	58
45	60	59
48	60	61
51	60	59
54	60	59
57	60	60
60	60	60
Suhu Rata-Rata		59.1

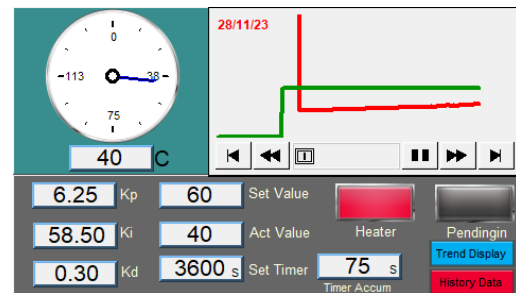


Gambar 4. 17 Set Value 60°C

Dari data tersebut maka dapat diperoleh nilai *error* dari *set value* 60°C dengan $K_p = 6.25$; $K_i = 58.5$ dan $T_d = 0.3$ yaitu =

Presentase error

$$= \frac{\text{Set value} - \text{Actual value}}{\text{Set value}} = \frac{60 - 59.1}{60} = 1.5\%$$



Gambar 4. 18 Uji Coba Sistem Set Value 60°C Layer 1 Home



Gambar 4. 19 Uji Coba Sistem Set Value 60°C Layer 2 Trend Display

Layer 1 dan layer 2 berhasil menjadi *monitoring actual value* dan *timer* yang sedang berjalan dari sistem. Selain itu, untuk *input* nilai *set value* sebesar 60°C, *set timer* 3600 s atau 60 menit, K_p sebesar 6.25, T_i 58.5 dan T_d 0.3.

No	Time	Date	Actual Value	Set Value
1378	20:44	28/11/23	45	60
1377	20:44	28/11/23	45	60
1376	20:44	28/11/23	45	60
1375	20:44	28/11/23	45	60
1374	20:44	28/11/23	45	60
1373	20:44	28/11/23	45	60
1372	20:44	28/11/23	45	60
1371	20:44	28/11/23	45	60
1370	20:44	28/11/23	45	60
1369	20:44	28/11/23	45	60
1368	20:44	28/11/23	44	60
1367	20:44	28/11/23	44	60
1366	20:44	28/11/23	45	60

Gambar 4. 20 Uji Coba Sistem Set Value 60°C Layer 3 History Data

Date	Time	Millisecond	actvalue	setvalue
28/11/2023	20:42:23	790	33	60
28/11/2023	20:42:24	840	33	60
28/11/2023	20:42:25	840	34	60
28/11/2023	20:42:26	830	32	60
28/11/2023	20:42:27	830	33	60
28/11/2023	20:42:28	850	33	60
28/11/2023	20:42:29	820	34	60
28/11/2023	20:42:30	830	33	60
28/11/2023	20:42:31	820	34	60
28/11/2023	20:42:32	800	34	60
28/11/2023	20:42:33	820	33	60
28/11/2023	20:42:34	820	34	60

Gambar 4. 21 Hasil Otomatis History Data

Layer history data berhasil menampilkan data secara *real time* setiap 1 detik antara *set value* dan *actual value*. Data tersebut akan tersimpan secara otomatis pada memori *device* yang digunakan dalam berbentuk tipe file *xlsx*. Data yang tersimpan tersebut merupakan data yang terekam hasil dari pembacaan *history data*.

Pada uji coba menggunakan suhu 60 °C menghasilkan pengeringan sebesar 63.3% dari berat eceng gondok yang dimana berat sebelum dilakukan pengeringan sebesar 30 gram dan setelah dilakukan pengeringan sebesar 11 gram.



Gambar 4. 22 Eceng Gondok Sebelum Pengeringan



Gambar 4. 23 Eceng Gondok Sesudah Pengeringan

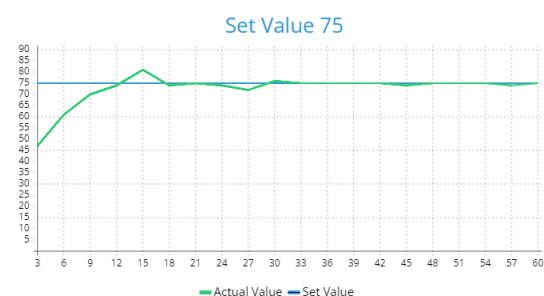
Selain suhu dan lama pengeringan faktor penataan eceng gondok pada saat proses pengeringan akan mempengaruhi hasil pengeringan. Tidak adanya perubahan warna yang signifikan pada eceng gondok disebabkan pengeringan yang dilakukan berada disuhu <100°C walaupun demikian eceng gondok yang sudah dilakukan pengeringan tersebut mengalami penurunan berat serta pengurangan kadar air sehingga tekstur dari eceng gondok tersebut menjadi kering.

4.7 Uji Coba Sistem *Set Value* 75°C

Uji coba akan dilakukan dengan *set value* 75 °C selama 60 menit. Pada uji coba ini berat awal eceng gondok merupakan 30 gram dan suhu kondisi awal yaitu 30 °C.

Tabel 4. 11 Uji Coba Sistem *Set Value* 75°C

Waktu (Menit)	<i>Set Value</i> (°C)	<i>Actual Value</i> (°C)
3	75	47
6	75	61
9	75	70
12	75	74
15	75	81
18	75	74
21	75	75
24	75	74
27	75	72
30	75	76
33	75	75
36	75	75
39	75	75
42	75	75
45	75	74
48	75	75
51	75	75
54	75	75
57	75	74
60	75	75
Suhu Rata-Rata		72.6

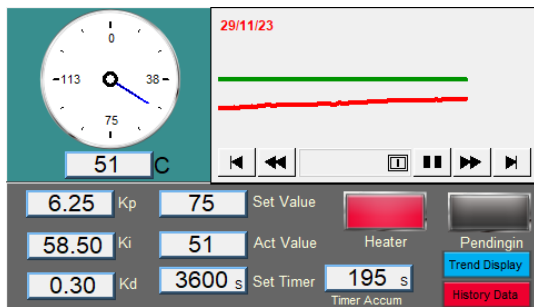


Gambar 4. 24 *Set Value* 75°C

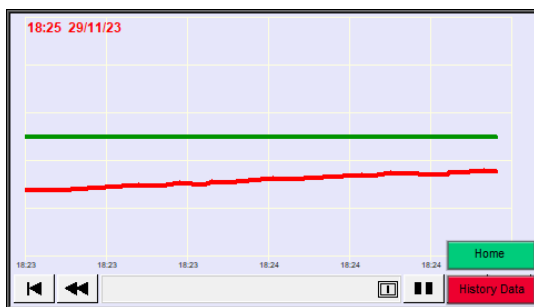
Dari data tersebut maka dapat diperoleh nilai *error* dari *set value* 75 °C dengan $K_p = 6.25$; $T_i = 58.5$ dan $T_d = 0.3$ yaitu =

Presentase error

$$= \frac{\text{Set value} - \text{Actual value}}{\text{Set value}} = \frac{75 - 72.6}{75} = 3.2\%$$



Gambar 4. 25 Uji Coba Sistem Set Value 75°C Layer 1 Home



Gambar 4. 26 Uji Coba Sistem Set Value 75°C Layer 2 Trend Display

Layer 1 dan layer 2 berhasil menjadi *monitoring actual value* dan *timer* yang sedang berjalan dari sistem. Selain itu, untuk *input* nilai *set value* sebesar 75 °C, *set timer* 3600 s atau 60 menit, K_p sebesar 6.25, T_i 58.5 dan T_d 0.3.

No	Time	Date	Actual Value	Set Value
285	18:25	29/11/23	55	75
284	18:25	29/11/23	56	75
283	18:25	29/11/23	56	75
282	18:25	29/11/23	55	75
281	18:25	29/11/23	55	75
280	18:25	29/11/23	54	75
279	18:25	29/11/23	55	75
278	18:25	29/11/23	54	75
277	18:25	29/11/23	55	75
276	18:25	29/11/23	54	75
275	18:25	29/11/23	55	75
274	18:25	29/11/23	53	75
273	18:25	29/11/23	54	75

Gambar 4. 27 Uji Coba Sistem Set Value 75°C Layer 3 History Data

Date	Time	Millisecond	actvalue	setvalue
29/11/2023	18:21:35	90	30	75
29/11/2023	18:21:36	40	31	75
29/11/2023	18:21:37	60	30	75
29/11/2023	18:21:38	60	31	75
29/11/2023	18:21:39	60	31	75
29/11/2023	18:21:40	70	32	75
29/11/2023	18:21:41	50	31	75
29/11/2023	18:21:42	40	31	75
29/11/2023	18:21:43	50	31	75
29/11/2023	18:21:44	50	30	75

Gambar 4. 28 Hasil Otomatis History Data

Layer *history data* berhasil menampilkan data secara *real time* setiap 1 menit antara *set value* dan *actual value*. Data tersebut akan tersimpan secara otomatis pada memori *device* yang digunakan dalam berbentuk tipe file *xlsx*. Data yang tersimpan tersebut merupakan data yang terekam hasil dari pembacaan *history data*.

Pada uji coba menggunakan suhu 75 °C menghasilkan pengeringan sebesar 70% dari berat eceng gondok yang dimana berat sebelum dilakukan pengeringan sebesar 30 gram dan setelah dilakukan pengeringan sebesar 9 gram.



Gambar 4. 29 Eceng Gondok Sebelum Pengeringan



Gambar 4. 30 Eceng Gondok Sesudah Pengeringan

5. KESIMPULAN

- a. Sistem kendali PID yang digunakan untuk mengatur suhu pada pengeringan eceng gondok berhasil telah dibuat dengan parameter K_p 6.25; K_i 58.5 dan K_d 0.3 menghasilkan *rise time* 0.0988s *settling time* 0.4280 *overshoot* 12.5224.
- b. Pada saat *set value* 60°C sistem yang dijalankan selama 60 menit memiliki rata-rata *error* sebesar 1.5% sedangkan untuk *set value* 75°C sistem yang dijalankan selama 60 menit memiliki rata-rata *error* sebesar 3.2%.
- c. Berat eceng gondok mengalami penurunan sebesar 63.3% pada *set value* 60°C dengan berat awal 30 gram dan setelah dilakukan pengeringan menjadi 11 gram. Pada saat *set value* 75°C mengalami penurunan berat mencapai 70% dengan berat awal 30 gram dan setelah dilakukan pengeringan menjadi 9 gram.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini. Penulis menyadari banyak hal yang perlu diperbaiki dari penelitian ini yang dapat dijadikan sebagai pembelajaran dikemudian hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Ramlan Dan M. A. Indrianti, "Analisa Potensi Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Danau Limboto Sebagai Pakan Ternak," 2018.
- [2] A. N. Putra, S. Ristianti, Musfiroh, Dan M. B. Syamsunarno, "Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Sebagai Pakan Ikan Nila: Efek Terhadap Pertumbuhan Dan Kecernaan Pakan," *Journal Of Local Food Security*, Vol. 1, Hlm. 77–82, 2020.
- [3] I. Saputro Dan A. Fahruzi, "Rancang Bangun Oven Drying Sebagai Alat Pengering Eceng Gondok Pada Suhu Rendah Menggunakan Metode Pid," *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan Ix*, Hlm. 189–196, Jun 2021, Doi: 10.31284/P.Snestik.2021.1789.
- [4] Raaini, I. S. Nasution, Dan Devianti, "Performance Monitoring Of Greenhouse For Drying Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) Based On Arduino Nano Atmega328 Microcontroller," *Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, Vol. 7, No. 4, Nov 2022, [Daring]. Tersedia Pada: www.jim.unsyiah.ac.id/jfp
- [5] W. S. Alfira Dan K. Riyadi, "Kelayakan Plc Outseal Pada Pengontrolan Motor Induksi 3 Fasa," Makassar, 2022.
- [6] R. Choerudin, "Desain Sistem Kendali Temperatur Pada Alat Sterilisator Depirogenasi (Sterilisasi Panas Kering) Menggunakan Pid," Universitas Semarang, Semarang, 2021.
- [7] Q. Wang, G. Wang, X. Xie, Dan L. Zhou, "Design And Simulation For Temperature Measurement And Control System Based On Pt100," *Ieee 4th Advanced Information Technology, Electronic And Automation Control*, Hlm. 2301–2304, 2019, Doi: 10.1109/Iaeac47372.2019.8997936.
- [8] K. Zaruska Dan M. Azhari, "Rancang Bangun Sistem Stabilisasi Suhu Penggorengan Dengan Metode Fuzzy Berbasis Iot," Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Bangka Belitung, 2022.
- [9] Katsuhiko. Ogata, *Modern Control Engineering*, Vol. Fifth Edition. Prentice-Hall, 2010.
- [10] K. Agung Syahputra, F. R. A Bukit, Dan Suherman, "Perancangan Hmi (Human Machine Interface) Sebagai Pengontrol Dan Pendeteksi Dini Kerusakan Kapasitor Bank Berbasis Plc," *Journal Of Energy And Electrical Engineering (Jeee)*, Vol. 101, No. 2, Apr 2022.
- [11] L. Whisnu Bramantyo, A. Sandi Panorama, Dan R. Junaidi, "Prototype Sistem Control Suhu Dengan Metode Pid Pada Tray Dryer Mie Jagung Hi-Calcium Prototype Of Temperature Controlling System With Pid Method In Making High Potassium Maize Noodle Using Tray Dryer," *Politeknik Negeri Sriwijaya*, Vol. 01, No. 01, Hlm. 72–76, Okt 2020.
- [12] G. A. Salamena Dan V. Salamena, "Analisis Penentuan Konstanta

Pengendali Pid Menggunakan Garis Singgung Metode Ziegler-Nichols I Pada Titik Koordinat Kurva Tanggapan Keluaran Plant,” *Jurnal Simetrik*, Vol. 10, No. 2, 2020.

- [13] N. Hamid Dan A. Mansur, “Penalaan Parameter Pid Dengan Metode Ziegler-Nichols Untuk Optimasi Kontrol Kecepatan Motor Pada Alat Spin Coater,” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika (Sntei)*, Hlm. 315–319, Sep 2021.