

# Pengontrolan Suhu Pada Alat Pencetak Piring dari Pelepah Pohon Palembang menggunakan Metode PID

Sulung Luzardi Alfebien<sup>1</sup>, Hari Kurnia Safitri<sup>2</sup>, Muhammad Rifa'i<sup>3</sup>

e-mail: [luzardisulung@gmail.com](mailto:luzardisulung@gmail.com), [hari.kurnia@polinema.ac.id](mailto:hari.kurnia@polinema.ac.id), [muh.rifai@polinema.ac.id](mailto:muh.rifai@polinema.ac.id)

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel

Diterima 5 Januari 2023  
Direvisi 28 Maret 2023  
Diterbitkan 31 Mei 2023

### Kata kunci:

Pelepah Pohon Palembang  
RTD PT100  
PLC

### Keywords:

Palm midrib  
Rtd PT100  
PLC

### Penulis Korespondensi:

Sulung Luzardi Alfebien  
Jurusan Teknik Elektro,  
Politeknik Negeri Malang,  
Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, Kode Pos. 65141  
Email: [luzardisulung@gmail.com](mailto:luzardisulung@gmail.com)  
Nomor HP/WA aktif: +62 822-4482-3812

## ABSTRAK

Pohon palem merupakan tumbuhan asli daerah tropis. Di wilayah Indonesia, dapat ditemui hampir di seluruh provinsi dari Sabang sampai Merauke, mulai dari pantai, dataran rendah hingga dataran tinggi. Pelepah pohon palem selama ini hanya dianggap sebagai sampah. Bentuknya yang besar dan kasar membuatnya sulit untuk dimanfaatkan. Pada akhirnya pelepah-pelepah pohon palem tersebut hanya akan dibuang dan dibakar oleh masyarakat sekitar tanpa ada ide untuk memanfaatkannya menjadi barang yang berguna dan mempunyai harga jual tinggi. Pada penelitian ini dirancang alat pengepres pelepah pohon palem menjadi piring menggunakan kontrol PLC. Alat pengepres pelepah pohon palem ini menggunakan sensor RTD PT100 sebagai pengukur dan pembacaan suhu pada cetakan (mold), PLC CP1H sebagai kontrol, serta memanfaatkan kontrol PID yang bertujuan untuk mempercepat dan menstabilkan suhu pada setpoint. Nilai yang didapat pada kontrol PID ini yaitu dengan  $K_p = 4$ ,  $T_i = 2168$ ,  $T_d = 524$  dengan setpoint  $120^\circ\text{C}$  dan lama pengepresan 40 detik akan menghasilkan piring yang bagus dari pelepah pohon palem.

## ABSTRACT

*Palm trees are native to the tropics. In Indonesia, it can be found in almost all provinces from Sabang to Merauke, from the coast, the lowlands to the highlands. So far, palm tree midrib is only considered as garbage. Its large and rough shape makes it difficult to use. In the end, the palm tree fronds will only be thrown away and burned by the surrounding community without any idea to use them into useful goods and have a high selling price. For this reason, the author designed a palm tree midrib pressing device into a plate using PLC control. This palm tree frond press uses the PT100 RTD sensor as a gauge and temperature reading on the mold, PLC CP1H as a control, and utilize PID control which aims to accelerate and stabilize the temperature at the setpoint. The values obtained in this PID control are with  $K_p = 4$ ,  $T_i = 2168$ ,  $T_d = 524$  with a setpoint of  $120^\circ\text{C}$  and a pressing time of 40 seconds will produce a good plate from palm tree midrib.*



## 1. PENDAHULUAN

Pelepah Pohon palem selama ini hanya dianggap sebagai sampah. Bentuknya yang besar dan kasar membuatnya sulit untuk dimanfaatkan. Pada akhirnya pelepah-pelepah pohon palem tersebut hanya akan dibuang dan dibakar oleh masyarakat sekitar tanpa ada ide untuk memanfaatkannya menjadi barang yang berguna dan mempunyai harga jual tinggi. Misalnya dalam hal peralatan, minuman atau peralatan dapur. Hal ini yang membuat penulis terdorong untuk melakukan penelitian guna untuk mencari parameter yang tepat untuk mencetak pelepah pohon palem dan juga pelaksanaan program 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) untuk penggunaan pelepah pohon palem sebagai media piring.

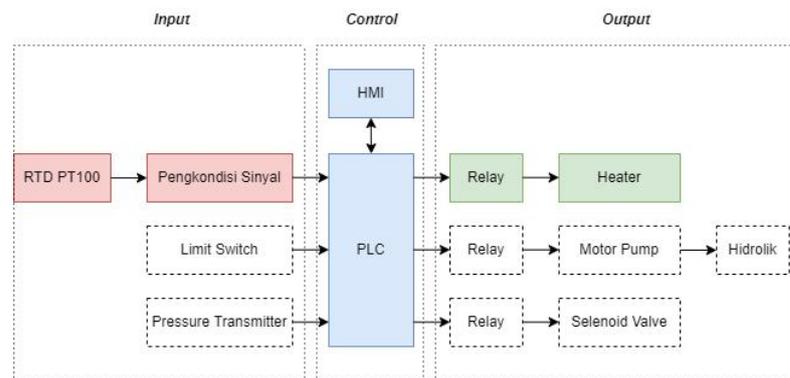
Penelitian tentang pencetak piring menggunakan media pelepah pohon palem dilakukan menggunakan kontrol PLC (*Programmable Logic Controller*), Heater dan *hydraulic double acting cylinder* sebagai aktuator. Pada penelitian tersebut telah diujikan dengan rentang suhu 80°C, 100°C, 120°C, 150°C. Dari hasil beberapa percobaan didapatkan suhu dan waktu yang terbaik yaitu suhu 120°C dan waktu 15 detik, dengan kondisi pelepah piring sudah pada keadaan tidak basah [1]. Terdapat penelitian proses *mechanical thermoforming* menggunakan plastic PVC yang dipasang ada  *mold* dan diikuti pemasangan pegas pada tiap sisinya, kemudian dimasukkan kedalam oven dengan variasi suhu 140°C, 150°C, 160°C, serta variasi waktu antara 20-60 menit [2]. Pada penelitian sistem destilasi menggunakan PLC OMRON dan control suhu dengan kendali auto tuning PID dalam penampil SCADA. Pemodelan bahan diolah menggunakan ethanol dengan titik didih 64°C dan etanol dengan titik didih 78°C. Hasil dari penelitian ini didaatkan nilai parameter yang konstan untuk mendapatkan kestabilan suhu, nilai lonjakan maksimum (Mp) dar  *auto tuning* sebesar 9,09% dari  *error steady state* (ESS) sebesar 1,53%, hasil kalkulasi nilai parameter  *auto tuning* dijadikan tuning PID selanjutnya dan didapatkan respon  *steady state* yang lebih cepat, dengan Mp sebesar 4,61% dan ESS sebesar 0% [3]. Pada penelitian ini sistem pencetak piring dari pelepah pohon palem dengan alat pencetak serta penambahan metode PID yang bertujuan untuk mengatur waktu agar suhu mencapai setpoint dan penambahan fitur HMI (*Human Machine Interface*) untuk memudahkan operator memonitoring proses pencetakan piring.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dimulai dari desain mekanik yakni desain awal alat, membuat kerangka alat, desain elektronik yaitu mendesain rangkaian skematik dan PCB, desain program untuk membuat ladder diagram di PLC OMRON CP1-H, dan kemudian dilakukan pengujian terhadap sensor RTD PT100 menggunakan metode PID untuk menstabilkan suhu. Selain itu juga melakukan pengujian HMI sebagai  *user interface*.

### 2.1 Blok Diagram Sistem

Blok diagram sistem pengontrolan suhu yang mencakup perangkat input, proses dan output dapat dilihat pada Gambar 1.



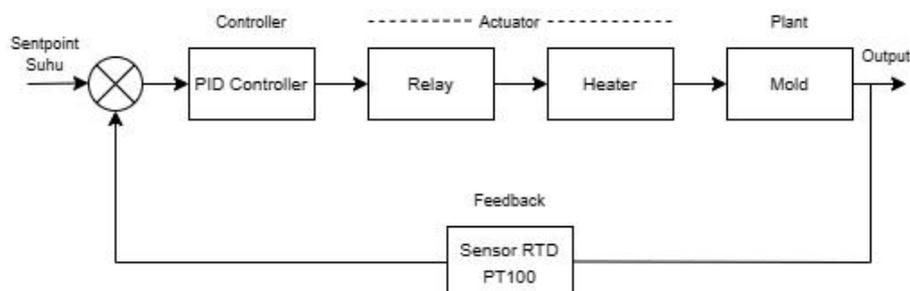
Gambar 1: Blok Diagram Sistem

Prinsip kerja dari sistem pengepres piring ini adalah ketika tombol power input diaktifkan, sumber tegangan AC akan menuju ke power supply PLC yang akan diubah menjadi tegangan DC dan disuplai sebagai sumber tegangan ke perangkat lain. PLC akan mendapatkan input sesuai setpoint dari sensor RTD PT100, selanjutnya akan diproses oleh PLC untuk dihubungkan ke pompa motor, sehingga piston akan terangkat. Ketika piston telah mencapai



ekstensi, limit switch akan ditekan (menunjukkan posisi piston diperpanjang). Piston akan menekan printer dengan waktu tunda yang sesuai dengan setpoint, pada saat tunda pressure transmitter akan bekerja sesuai dengan nilai setpoint. Nilai setpoint akan dibandingkan dengan nilai aktual yang dibaca oleh pemancar tekanan, dan kemudian diproses oleh PLC. PLC akan mengontrol solenoid valve pada percabangan untuk membuka aliran, sehingga tekanan secara otomatis akan terbagi. Jika setpoint telah tercapai maka PLC akan mengontrol solenoid valve ke posisi tertutup sehingga piston akan retraksi. Kontrol PLC akan mempertahankannya sampai sistem mendapat setpoint baru atau sistem dihentikan

## 2.2 Blok Diagram Kontrol

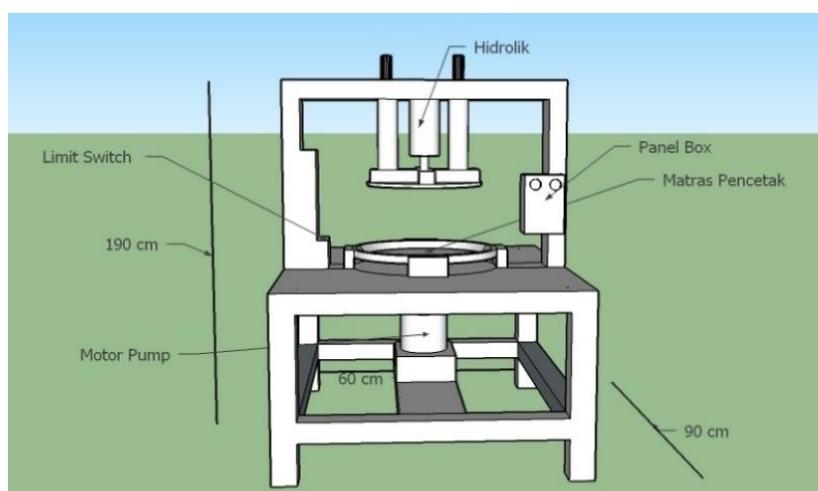


Gambar 2: Blok Kontrol Sistem

Pada Gambar 2 *setpoint* suhu diatur pada program PLC menggunakan metode PID dengan bahasa pemrograman *Ladder Diagram*. Kemudian parameter PID ( $K_p, T_i, T_d$ ) oleh PLC diteruskan ke relay untuk mengaktifkan *heater*. Panas dari *heater* diatur suhunya sesuai parameter PID pada PLC yang kemudian memanaskan cetakan untuk melemaskan pelepah pohon palem. Dari suhu panas yang dihasilkan *heater* pada cetakan, suhunya dibaca oleh sensor RTD PT100 untuk mengetahui bahwa suhu sudah mencapai *setpoint*. *Setpoint* yang diatur pada kontroller PID termasuk *variable* untuk cetakan, besarnya suhu akan berdampak pada saat melemaskan pelepah pohon palem.

## 2.3 Perancangan Mekanik

Gambar 3 merupakan rancangan mekanik dari alat pengepres piring dari pelepah pohon palem. Rancangan termasuk dimensi, bentuk, dan juga tampilan tiga dimensi.



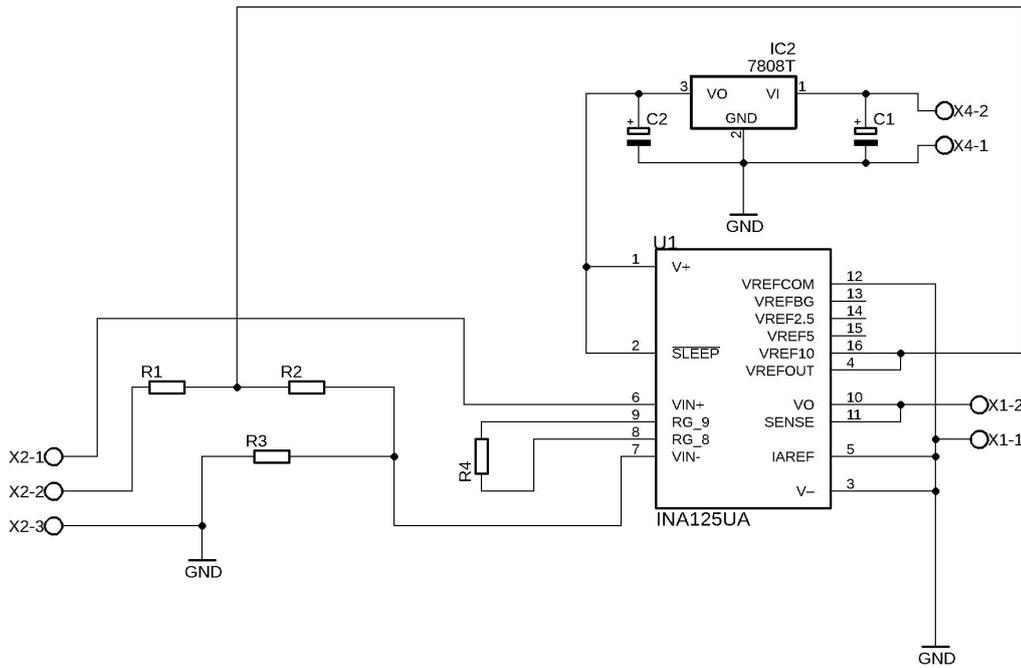
Gambar 3: Perancangan Mekanik

Pada alat ini mempunyai spesifikasi terbuat dari bahan besi yang memiliki dimensi Panjang 100cm, lebar 60cm, tinggi 185cm dan beratnya  $\pm 150$  Kg, serta dilengkapi dengan box panel yang berisi controller PLC dan HMI yang berdimensi Panjang 30cm, lebar 20cm dan tinggi 40cm.

## 2.4 Perancangan Elektronik

Perancangan elektronik yang dibuat adalah rangkaian jembatan *wheatstone* yang digunakan untuk pengkondisi sinyal sensor suhu RTD PT100, seperti pada Gambar 4.





Gambar 4: Rangkaian Skematik Pengkondisi Sinyal RTD PT100

Pada Gambar 4 menunjukkan rangkaian skematik pengkondisi sinyal menggunakan rangkain jembatan *wheatstone* yang berfungsi untuk mengubah *output* sensor yang semula resistansi menjadi tegangan. Sensor PT100 memiliki 3 kaki pin yang diintegrasikan ke rangkain jembatan *wheatstone*. Kaki pin sensor RTD PT100 yang terhubung pada R2 dan R4 membentuk satu jembatan *wheatstone*. Sesuai dengan datasheet, perubahan resistansi dengan pengaruh perubahan suhu didapatkan persamaan sebagai berikut,

$$R_{PT} = 100 + (0.385 \cdot T) \tag{1}$$

Dimana  $T$  = Suhu

Sensor suhu PT100 yang digunakan mampu mengukur suhu mulai dari 0°C sampai dengan 400°C, namun pada pengaplikasian sistem ini *setpoint* suhu yang digunakan 120°C. Untuk mendapatkan batas dari kedua range tersebut dilakukan perhitungan sebagai berikut, dimana  $R_{PT} = R_4$ .

- Pada suhu 120 °C

$$R_{PT} = 100 + (0.385 \cdot T) = 100 + (0.385 \cdot 120) = 146.2\Omega \tag{2}$$

Berdasarkan perhitungan tegangan pada jembatan *wheatstone* didapatkan nilai  $V_b$  selalu tetap dan  $V_a$  yang berubah. Untuk medapatkan nilai beda tegangan pada titik  $V_a$  dan  $V_b$ , adapun perhitungannya sebagai berikut.  $V_{ref}$  dari IC INA125 adalah 1.6 V dimana  $V_a = V_{in+}$  pada INA125.

- Pada suhu 120 °C

$$V_a = \frac{R_{PT}}{R_2 + R_{PT}} \cdot V_{ref} = \frac{146.2}{100 + 146.2} \cdot 1.6 = 0.95V \tag{3}$$

Dikarenakan selisih nilai tegangan yang diperoleh dari rangkaian jembatan *wheatstone* terlalu kecil yaitu millivolt (mV), maka dibutuhkan rangkaian penguat tegangan  $\Delta V$  menggunakan IC INA125. IC INA125 merupakan IC yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal untuk menggunakan tegangan  $\Delta V$  agar diperoleh nilai tegangan yang sesuai dengan range yang dibutuhkan oleh input PLC yaitu 0-5V. Agar hasil output tegangan ( $\Delta V$ ) dari rangkaian jembatan *wheatstone* yang berupa tegangan dengan orde millivolt (mV) dikuatkan menjadi orde volt (V) yang sesuai dengan kebutuhan kontroler, maka nilai penguatan dapat diperoleh menggunakan persamaan yang diperoleh dari datasheet dengan nilai penguatan sebesar 16x, sehingga:



$$G = 4 + \frac{60k\Omega}{R_g} = 16 = 4 + \frac{60k\Omega}{R_g} = 5k\Omega$$

(4)

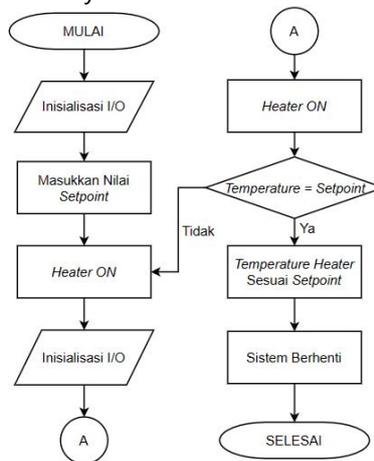
Tabel 1: Penjelasan Kaki PIN Pada Rangkaian PT100

PIN	Keterangan
1 & 2	Dihubungkan ke rangkaian step down IC regulator 7808 yang mendapat input tegangan 12 VDC dari power supply
3	Dibungkan dengan ground (GND)
4	Dihubungkan dengan R1 (100Ω) dan R2 (100Ω) sebagai tegangan output referensi op-amp
5	Dibungkan dengan ground (GND)
6	Dihubungkan dengan kaki PT100 sebagai tegangan input (+) op-amp (Vin+) dari jembatan <i>wheatstone</i>
7	Dihubungkan dengan R2 (100Ω) dan R3 (100Ω) serta kaki PT100 (red) sebagai tegangan input (-) op-amp (Vin-) dari jembatan <i>wheatstone</i> .
8 & 9	Dihubungkan dengan Rg (R penguatan) untuk penguatan sinyal yang dibaca oleh sensor PT100
10 & 11	Dihubungkan pada PLC sebagai output (Vout)
12	Dihubungkan dengan ground (GND)
13, 14 & 15	Tidak digunakan
16	Dihubungkan dengan pin 4

Tabel 1 merupakan penjelasan kaki-kaki PIN yan terhubung pada rangkaian pengkondisi sinyal RTD PT100.

### 2.5 Perancangan *Software*

Gambar 5 adalah *flowchart* perancangan *software* sistem pengontrolan suhu pada alat pencetak piring dari pelepah pohon palem. Penjelasan pada *flowchart* sistem yaitu dimulai dari inialisasi I/O PLC kemudian memasukkan nilai *setpoint* kemudian jika *setpoint* sudah sesuai maka *heater* ON dan jika *setpoint* belum sesuai maka program akan kembali lagi hingga *setpoint* temperature suhu sudah sesuai yang ditetapkan. Dan yang terakhir jika sudah suhu sudah mencapai *setpoint* maka system akan berhenti.



Gambar 5: Flowchart Sistem



### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Sensor Suhu

##### 3.1.1 Pengujian Sensor Suhu PT100

Tabel 2: Hasil Perbandingan Pembacaan Sensor Suhu

NO	Pembacaan Suhu PT100 pada HMI (°C)	Pembacaan Suhu Thermometer (°C)	Error (%)	V <sub>OUT</sub> Pembacaan Suhu(V <sub>DC</sub> )
1	40	40,2	0,5	1,906
2	60	60,4	0,66	2,058
3	80	80,2	0,25	2,607
4	100	100,1	0,1	3,256
5	120	120,1	0,83	3,648
<b>Error Rata-Rata</b>			0,47	

Berdasarkan Tabel 2 terdapat pembacaan sensor PT100 pada HMI dan *thermometer* dapat disimpulkan bahwa hasil yang diperoleh dengan membandingkan pembacaan suhu PT100 pada HMI dan pembacaan menggunakan *thermometer* terdapat sedikit perbedaan. Dapat dilihat dari hasil rata-rata presentase *error* yaitu 0,47% dan dengan *range output* tegangan PLC diatur 1-5V setiap suhu bertambah pembacaan V<sub>OUT</sub> ikut bertambah.

##### 3.1.3 Pengujian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu PT100

Tabel 3: Hasil Pengujian Pengkondisi Sinyal PT100

Suhu °C	Analog Output PLC	Vout (V)		Error (%)
		Pengukuran	Perhitungan	
40	1656	1,37	1.39	1.76
60	2410	1,94	2.02	4.07
80	3160	2,61	2.60	0.30
100	3741	3,32	3.15	5.19
120	4405	3,88	3.66	5.69
<b>Error Rata-Rata</b>				3.40

Tabel 3 merupakan pengujian pengkondisi sinyal RTD PT100 dan diperoleh hasil yang mendekati dengan hasil perhitungan. Hal ini dapat dilihat dari nilai *error* rata-rata pengujian yaitu sebesar 3,40 %. Nilai *error* rata-rata yang didapatkan tidak lebih besar dari 5% sehingga tidak mengganggu kinerja sistem dan dapat ditoleransi. Dari hasil *output* yang tertera pada Tabel 3 dapat diperoleh *range* tegangan antara 1,3 – 3,8 V sehingga *output* dapat memenuhi kebutuhan analog *output* PLC dimana kebutuhan analog *output* PLC telah diatur pada *range* tegangan 1-5 V.

#### 3.2 Pengujian PLC

##### 3.2.1 Pengujian Digital Input

Tabel 4: Hasil Pengujian Digital Input

NO	Alamat Digital Input	Kondisi LED	
		LOW	HIGH
1	I0.00	Mati	Menyala
2	I0.01	Mati	Menyala
3	I0.02	Mati	Menyala
4	I0.03	Mati	Menyala
5	I0.04	Mati	Menyala

Tabel 4 merupakan pengujian digital *input* PLC yang disetiap alamat/*addres* memastikan dapat bekerja dan dapat disimpulkan bahwa digital input dapat digunakan seluruhnya karena seluruh kondisi LED pada PLC dapat menyala saat kondisi *high/on* dan semua akan mati saat berada pada kondisi *low/off*.



### 3.2.2 Pengujian Digital Output

Tabel 5: Hasil Pengujian Digital Output

NO	Alamat Digital Output	Kondisi LED	
		LOW	HIGH
1	Q100.00	0	24
2	Q100.01	0	24
3	Q100.02	0	24
4	Q100.03	0	24
5	Q100.04	0	24

Tabel 5 merupakan pengujian digital *output* PLC guna untuk memastikan bahwa digital *output* PLC berfungsi dengan baik dan dapat disimpulkan bahwa digital *output* dapat digunakan seluruhnya karena tegangan output yang dihasilkan pada PLC sesuai dengan spesifikasi *datasheet* saat diberikan logika *high* dan *low*.

### 3.2.3 Pengujian Analog Input

Tabel 6: Hasil Pengujian Analog Input

NO	Vin Power Supply (V)	Analog Input (Desimal)
1	0	0
2	1	1195
3	2	2398
4	3	3586
5	4	4789
6	5	5994

Tabel 6 adalah pengujian analog *input* PLC apakah sesuai pembacaan atau belum dan dapat disimpulkan bahwa tegangan dengan *range* 0-5 *volt* yang terbaca pada analog *input* akan diolah oleh kontroler menjadi bilangan dengan tipe data desimal dan analog *input* dapat digunakan seluruhnya dan menghasilkan data yang akurat dan linier.

### 3.2.4 Pengujian Analog Output

Tabel 7: Hasil Pengujian Analog Output

NO	Analog Output (Desimal)	Tegangan Keluaran Analog Output (V)
1	0	0
2	1195	1
3	2398	2
4	3586	3
5	4789	4
6	5994	5

Dari hasil analog *output* PLC yang tertera pada Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa tegangan *output* dengan *range* 0-5 *volt* yang terbaca pada analog *output* akan diolah oleh kontroler menjadi bilangan dengan tipe data decimal dan dapat disimpulkan bahwa analog *output* dapat digunakan seluruhnya dan menghasilkan data yang akurat dan linier.

### 3.3 Pengujian HMI

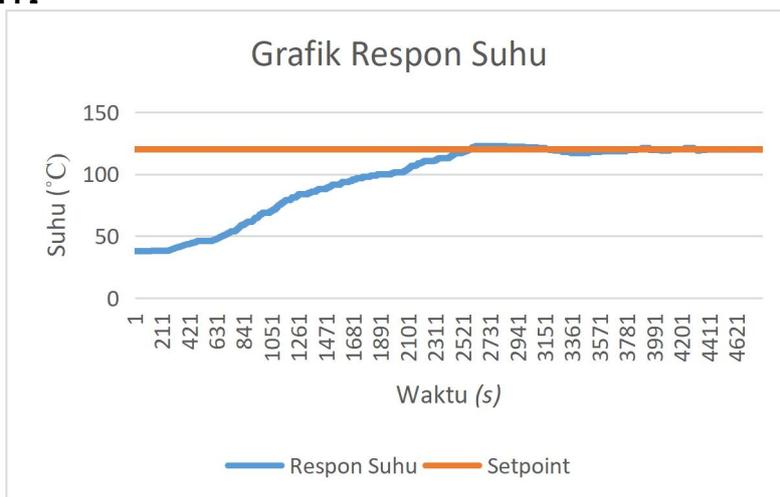
Tabel 8: Hasil Pengujian HMI

NO	Pengujian	Waktu Respon (s)		Delay Time (s)
		HMI	PLC	
1	Pengujian ke-1	0,71	0,34	0,41
2	Pengujian ke-2	0,6	0,42	0,18
3	Pengujian ke-3	0,83	0,55	0,28
<b>Rata-Rata Delay Time</b>				0,87

Pada pengujian kontrol PLC dan HMI pada Tabel 8, PLC mampu memberikan kinerja yang sesuai untuk setiap perubahan sistem dan HMI yang diwakilkan oleh PC dapat memberikan tampilan visual yang *real time* untuk setiap respon *input* dan *output* dengan rata-rata interval waktu respon sebesar 0,87s.



### 3.4 Pengujian Kontrol PI



Gambar 6: Grafik Respon Suhu Menggunakan Kontrol PID metode *Ziegler-Nichols*

Berdasarkan grafik respon suhu kontrol PID terhadap sampel data, nilai *setpoint* sebesar 120°C yang tertera pada gambar 6 dengan nilai  $K_p = 4$ , nilai  $T_i = 2168$  dan nilai  $T_d = 524$ . Gambar 7 menunjukkan suhu yang telah diberikan kontrol PID berusaha mempertahankan suhu pada nilai *setpoint* yang telah diatur yaitu 120 °C . Dengan nilai  $K_p, T_i$ , dan  $T_d$  diatas suhu dapat mencapai *setpoint* dengan waktu yang cukup lama yaitu 2586s.

Tabel 9: Karakteristik Respon Suhu dengan Kontrol PID

No	Karakteristik Respon	Hasil
1	<i>Delay Time</i> ( $T_d$ )	588s
2	<i>Rise Time</i> ( $T_r$ )	1302s
3	<i>Peak Time</i> ( $T_p$ )	2624s
4	<i>Settling Time</i> ( $T_s$ )	2721s
5	<i>Error Steady State</i> (%)	2,3%

Tabel 9 merupakan karakteristik respon suhu menggunakan control PID yang mempunyai karakteristik yaitu *Delay Time* ( $T_d$ ), *Rise Time* ( $T_r$ ), *Peak Time* ( $T_p$ ), *Settling Time* ( $T_s$ ) dan *Error Steady State* (%) yang hasilnya pada Tabel 9.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, perbandingan antara pembacaan sensor suhu pada tampilan HMI dengan thermometer dengan nilai *error* rata-rata pengujian yaitu 0,47% karena tidak melebihi dari 5% sehingga tidak mengganggu kinerja sistem dan dapat ditoleransi. PLC mampu memberikan kinerja yang sesuai untuk setiap perubahan sistem dan HMI yang diwakilkan oleh PC dapat memberikan tampilan visual yang *real time* untuk setiap respon *input* dan *output* dengan rata-rata interval waktu respon sebesar 0,87s. Dengan mengimplementasikan kontrol PID pada alat pencetak piring dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols* didapatkan nilai  $K_i = 4$ ,  $T_i = 2168$  dan  $T_d = 524$  maka respon sistem mampu menjaga dan menstabilkan suhu pada *setpoint*.

### 5. SARAN

Dalam pengembangan alat, sebaiknya menggunakan metode kontrol yang berbeda seperti kontrol *Fuzzy Logic* sebagai perbandingan respon yang dihasilkan dari kontroler yang berbeda. Dan menambahkan heater yang berada pada cetakan agar lebih cepat memanaskan cetakan. Serta Menajamkan sisi sisi pada cetakan piring agar waktu pengepresan pelepah palem langsung terbentuk piring dan tidak perlu memotong sisi sisi pelepah palem yang belum kepotong.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Safitri, H. K., Rifa'i, M., & Prakoso, R. A. (2021). Desain dan analisis kontrol temperature mold pada mesin pencetak piring pelepah pohon palm. *JURNAL ELTEK*, 19(1), 87-93.J.
- [2] Kurniawan, D. (2011). Pengaruh Suhu Dan Waktu Terhadap Hasil Cetak Plastik Dengan Mold Dari Alumunium Pada Proses Mechanical Thermoforming (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [3] Pradibto, T. R., & Adi, K. (2015). Otomasi Sistem Destilasi Menggunakan Plc Omron Cp1h dan Kontrol Suhu dengan Kendali Auto Tuning Pid dalam Penampil Scada. *Youngster Physics Journal*, 4(4), 311-316.
- [4] Dewi, O. C. (2018). PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN PINTU GARASI MOBIL MENGGUNAKAN RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID) BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) SCHNEIDER TM221CE16R DAN HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI) PADA SMARTHOME (Doctoral dissertation, undip).
- [5] Haryanto, H., & Hidayat, S. (2016). Perancangan HMI (Human Machine Interface) Untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 1(2), 58-65.
- [6] Aji, W. S., & Junaidi, A. (2017). Sistem Pengontrol Suhu Ruangan dengan Algoritma PID Menggunakan PLC Omron CP1e-NA20DR-A. *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, 3(2), 47.
- [7] Kurniawan, S., & Isnen, M. (2018). Pengaruh Temperatur dan Lama Waktu Pengepresan Alat Hot Press Daun Pelepah Pinang. *Jurnal Inovator*, 1(2), 14-17.
- [8] Bolton, W. (2006). *Sistem instrumentasi dan sistem kontrol*. Erlangga, Jakarta.
- [9] Putri, M. D. I., Ma'arif, A., & Puriyanto, R. D. (2022). Pengendali Kecepatan Sudut Motor DC Menggunakan Kontrol PID dan Tuning Ziegler Nichols. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 23(1)
- [10] Agustian, I., Prakoso, D. S., Faurina, R., & Daratha, N. (2022). Sistem Kendali Suhu Mesin Tetas Telur Ayam Buras Menggunakan Kontroler PID dengan Metode Tuning Ziegler Nichols Open Loop Step Response. *Jurnal Amplifier: Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer*, 12(1), 1-5.

