

Pengendalian Suhu Berbasis PID Pada Pengeringan Bunga Telang

Avrilla Iona Astadewi^{1*}, Mila Fauziyah², Donny Radianto³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Malang, Malang

*Penulis Korespondensi, email: avrillaastadewi30@gmail.com

Received: 23/08/2024

Revised: 08/09/2024

Accepted: 08/09/2024

Abstract. Drying is one of the processing methods to transform butterfly pea flowers into raw material for tea beverages. A consistent temperature is required during the drying process to ensure the butterfly pea flowers dry in a shorter time. Drying the butterfly pea flowers can be done using sunlight, which takes a relatively long time due to weather dependency. Therefore, temperature control is needed in the drying process to shorten the drying time. By using an LM35 temperature sensor as the input, processed by an Arduino UNO microcontroller, and utilizing a Heater driver and Heater as actuators to generate heat in an oven, the drying process can be optimized. The results of this research show that using the PID method can maintain temperature stability during the drying process according to the predetermined temperature setpoint, thereby speeding up the drying process of butterfly pea flowers.

Keywords: Dryer of Butterfly, PID, Heater

Abstrak. Pengeringan merupakan salah satu proses pengolahan untuk menjadikan bunga telang sebagai bahan baku minuman teh. Pada proses pengeringan bunga telang diperlukan suhu yang konsisten agar bunga telang dapat kering dengan waktu yang lebih singkat. Proses pengeringan bunga telang dapat dilakukan dengan menggunakan sinar matahari sehingga waktu yang dibutuhkan *relative* lama dikarenakan bergantung dengan cuaca. Oleh karena itu diperlukan sebuah pengendalian suhu dalam proses pengeringan bunga telang agar dapat mempersingkat waktu pengeringan. Dengan menggunakan sensor suhu LM35 sebagai input dan akan diolah oleh mikrokontroler berupa Arduino UNO serta terdapat *driver Heater* dan *Heater* sebagai *actuator* untuk menghasilkan panas yang mana dalam proses pengeringan ini menggunakan media berupa oven. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode PID dapat menjaga kestabilan suhu saat proses pengeringan sesuai dengan nilai *setpoint* suhu yang telah ditentukan sehingga proses pengeringan bunga telang menjadi lebih cepat.

Kata Kunci: Pengeringan Bunga Telang, PID, Heater

I. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang perkembangan pada industri makanan dan minuman cukup melesat. Berdasarkan data dari Kominfo bahwasannya Kementerian Perindustrian mencatat kinerja industri makanan dan minuman selama periode 2015 – 2019 rata-rata tumbuh 8,16% di atas rata-rata sedangkan pada *pandemic industry* makanan dan minuman masih tumbuh positif sebesar 1,58% [1].

Bunga telang merupakan salah satu jenis bunga liar yang mudah sekali ditemui dan tidak memerlukan perawatan yang khusus. Manfaat dari bunga telang dapat digunakan dalam dunia medis sebagai antioksidan karena bunga telang mengandung vitamin A, C dan E, serta dapat digunakan sebagai antikanker, hepatoprotektif, dan manfaat fungsional lainnya selain itu bunga telang

yang cerah dapat dijadikan sebagai bahan pewarna dalam makanan dan minuman [2][3].

Adapun proses yang dilakukan untuk pembuatan teh bunga telang yaitu melakukan pemetikan bunga telang segar, mencuci bersih bunga telang segar, kemudian meniriskan air dari bunga telang yang telah dicuci dan langkah yang terakhir yaitu pengeringan bunga telang [4]. Pada proses pengeringan bunga telang dapat dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan cara konvensional dengan sinar matahari dan menggunakan cara *modern* dengan oven pengering. Pengeringan dengan cara konvensional memerlukan waktu kurang lebih selama 2 hari sedangkan dengan menggunakan oven pengering lama waktu pengeringan menjadi lebih cepat yaitu membutuhkan waktu 4 jam dengan suhu 50°C yang

mana lama waktu pengeringan dengan penggunaan suhu yang terlalu tinggi dapat merusak karakteristik dari bunga telang [4][5]. Selain itu adapun cara dalam proses pengeringan bunga telang dengan menggunakan alat berupa *food dehydrator* yang mana membutuhkan waktu 4 jam hingga 6 jam dengan *range* suhu 45 °C – 65 °C [6].

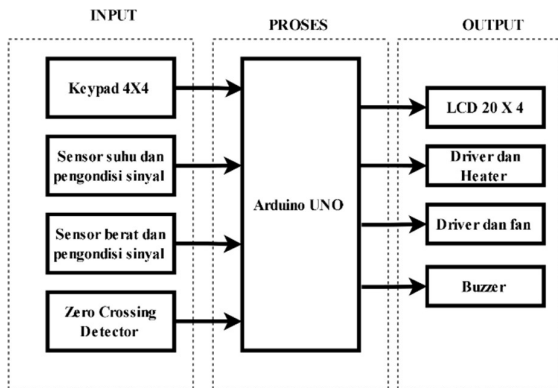
Dengan tidak menentunya cuaca dalam proses pengeringan bunga telang maka UMKM Mbah Jayus memerlukan waktu yang cukup lama untuk menghasilkan bunga telang kering. Hal ini yang membuat penulis ingin membuat alat pengeringan bunga telang dilengkapi dengan pengontrolan suhu. Sehingga dengan latar belakang tersebut maka penulis mengambil tema dengan judul "Pengendalian Suhu dengan Metode PID Pada UMKM Mbah Jayus"

II. METODOLOGI

Pada bab ini akan memaparkan mengenai tinjauan alat dan perancangan pada komponen yang digunakan serta perancangan sistem.

A. Tinjauan alat dan perancangan komponen

Dalam proses pengeringan bunga terdapat beberapa komponen yang digunakan, berikut merupakan diagram blok sistem yang terdiri dari *input*, *proses*, dan *output*.



Gambar 1. Diagram blok sistem

Berdasarkan pada gambar 1 berikut merupakan penjelasan dari masing-masing blok yang ada:

- Keypad 4x4 : digunakan untuk memasukkan nilai *setpoint* dari suhu.
- Sensor suhu : berfungsi sebagai komponen yang melakukan pembacaan dari suhu didalam

oven pengering serta memberikan *feedback* perubahan suhu pada sistem. Sensor suhu yang digunakan yaitu LM35. Penggunaan sensor LM35 cukup akurat dan presisi serta dapat menampilkan kinerja yang baik pada sistem [7].

- Pengondisi sinyal: Digunakan untuk mempermudah pembacaan *output* dari sensor suhu. Dikarenakan tegangan keluaran dari sensor suhu yang digunakan yaitu kurang dari 1 Volt. Sehingga diperlukannya rangkaian *non inverting* untuk memperkuat sinyal keluaran. Berikut merupakan perhitungan besaran penguatan yang diperlukan dalam sistem ini

$$Gain = \frac{V_{out\ max} - V_{out\ min}}{V_{in\ max} - V_{in\ min}} \quad (1)$$

$$Gain = \frac{5-0}{0.9-0}$$

$$Gain = 5.55$$

Sehingga dari persamaan diatas didapatkan nilai penguatan sebesar 5.5 kali dan dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut $V_{out} = 5,5 (V_{in})$

Maka dari itu diperlukan sebuah rangkaian pengondisi sinyal berupa rangkaian penguat *non inverting* dengan perhitungan sebagai berikut

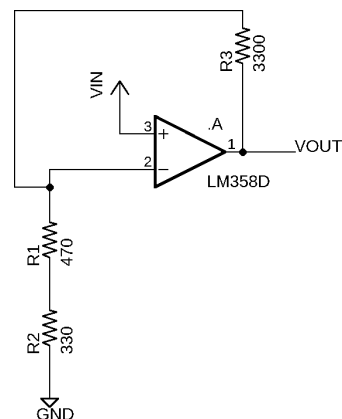
$$A_v = \left(1 + \frac{R_2}{R_1 + \frac{R_4}{R_3}}\right) \quad (2)$$

$$5.55 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1 + \frac{3300}{R_3}}\right)$$

$$4.55 = \left(\frac{3300}{R_1 + R_2}\right)$$

$$R_1 = 470\Omega$$

$$R_2 = 330\Omega$$

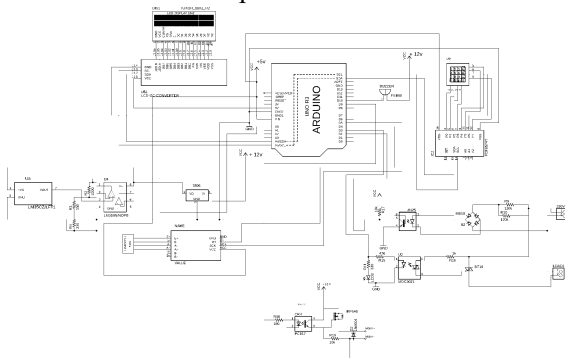


Gambar 2. Rangkaian penguat *non inverting*

- d. Sensor berat : berfungsi sebagai komponen yang melakukan pembacaan berat dari objek bunga telang, dan dijadikan sebagai *stopper* dari oven pengering bunga telang.
- e. Pengondisi sinyal : untuk sensor berat dikarenakan tegangan keluaran dari sensor berat sangat kecil sehingga diperlukan pengondisi sinyal untuk memperkuat sinyal keluaran dan digunakan untuk merubah nilai tegangan menjadi data digital.
- f. Arduino UNO : blok proses pada sistem ini menggunakan Arduino untuk mengolah perintah yang telah diterima dari input dan diterima oleh mikrokontroler untuk diteruskan ke *output*.
- g. LCD 20X4 : berfungsi sebagai media penampil data berupa indicator proses, menampilkan suhu dan berat.
- h. Driver *heater* : untuk mengatur intensitas panas yang dihasilkan *heater* dengan mengubah besar daya yang diberikan ke *heater*.
- i. *Heater* : berfungsi sebagai pemanas dalam proses pengeringan
- j. Driver *fan* : Digunakan untuk mengatur kecepatan putaran *fan*
- k. *Fan* DC : digunakan untuk meratakan suhu didalam oven pengering
- l. *Buzzer* : digunakan sebagai indicator bahwa proses pengeringan telah selesai.

B. Perancangan Keseluruhan Komponen

Setelah melakukan penentuan komponen yang digunakan maka langkah selanjutnya yaitu melakukan *wiring* keseluruhan komponen yang digunakan. Berikut merupakan gambar perancangan dari keseluruhan komponen



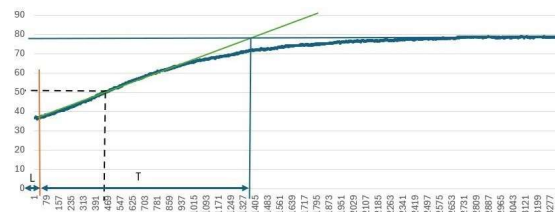
Gambar 3. Desain elektrik sistem

Pada perancangan keseluruhan terdapat sumber 12VDC yang berasal dari adaptor yang akan dilakukan penurunan tegangan (*step down*). Penggunaan adaptor digunakan untuk memenuhi kebutuhan arus pada beberapa komponen.

C. Perancangan Sistem

Dalam proses pengeringan bunga telang menggunakan metode PID *Ziegler Nichols 1* yang mana dapat mengatasi adanya gangguan dan dapat membuat suhu tetap berada pada nilai *setpoint* yang digunakan [8][9]. Penentuan nilai pada konstanta PID akan berpengaruh terhadap kestabilan suhu [10]. Penggunaan metode *Ziegler Nichols 1* merupakan opsi yang tepat dalam pengontrolan suhu dikarenakan suhu memiliki respon yang cukup lama serta percobaan yang dilakukan dengan melakukan eksperimen respon *plant* terhadap masukan unit-step yang menghasilkan kurva S.

Pada metode ini digunakan kurva reaksi yang kemudian dapat dicari waktu L (waktu tunda) dan waktu T (konstanta waktu) yang didapatkan dengan menarik garis singgung pada kurva. Cara menentukan garis singgung yaitu dengan membuat garis lurus dan menghimpit pada respon yang memiliki nilai linear paling banyak dan harus melalui nilai y yaitu waktu yang diperlukan oleh respon untuk mencapai nilai *steady state* respon. Berikut merupakan gambar grafik karakteristik dari *plant* system tanpa beban dan tanpa kontrol



Bagan 1. Grafik respon sistem tanpa kontroller

Setelah mendapatkan grafik respon sistem tanpa kontroller maka mencari nilai L (waktu tunda) dan T (konstan waktu). berdasarkan kurva respon tanpa kontroller maka didapatkan nilai L dan T sebagai berikut:

$$L = 39 \text{ s}$$

$$T = 1387 - 39 = 1348 \text{ s}$$

Setelah didapatkan nilai L dan T maka memasukkan kedalam rumus *Ziegler-Nichols 1*. Maka didapatkan nilai $K_p = 17.28$ $K_i = 0.22$ dan $K_d = 336.96$.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor LM35

Pengujian sensor LM35 dengan kalibrator thermometer digital. Nilai *error* dan %*error* dapat dicari dengan rumus berikut:

$$\text{Error} = |\text{Nilai sensor} - \text{Nilai kalibrator}| \quad (1)$$

$$\% \text{Error} = \left| \frac{\text{Nilai sensor} - \text{Nilai kalibrator}}{\text{Nilai Kalibrator}} \right| \times 100\% \quad (2)$$

Pada tabel 1 merupakan hasil dari pengujian sensor LM35

Tabel 1. Hasil pengujian sensor LM35

No	Pengukuran suhu sensor LM35 (°C)	Pengukuran suhu sensor dengan thermometer digital (°C)	%Error
1	23	24	4.16
2	25	25	0
3	26	27	3.70
4	28	28	0
5	30	31	3.2
6	33	34	2.94
7	36	37	2.70
8	38	39	2.56
9	40	41	2.43
10	42	43	2.32
11	44	45	2.22
12	46	48	4.16
13	49	50	2.00
14	51	52	1.92
15	53	54	1.85
16	55	56	1.78
17	57	58	1.72
18	59	60	1.66
19	60	61	1.63
20	62	62	0
Rata - Rata Error			2.15

B. Pengujian Sensor Berat

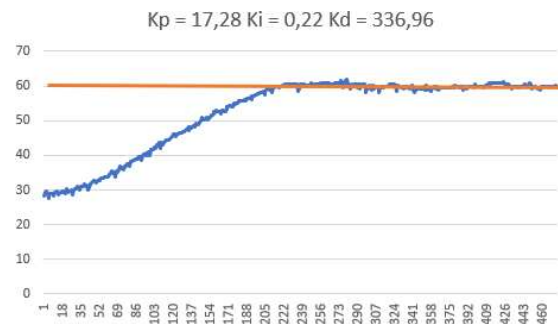
Pengujian sensor berat dengan kalibrator thermometer digital. Nilai *error* dan %*error* dapat dicari dengan Rumus 1 dan Rumus 2. Pada Tabel 2 merupakan hasil dari pengujian sensor *loadcell*

Tabel 2. Hasil pengujian sensor *loadcell*

No	Berat pada timbangan (gram)	Berat pada <i>loadcell</i> (gram)	%Error
1	19	20	5
2	21	21	0
3	40	40	0
4	50	51	1.9
5	60	62	3.2
6	80	81	1.2
7	100	100	0
8	300	301	0.3
9	500	500	0
10	700	700	0
11	800	801	0.1
12	1000	1000	0
13	1300	1300	0
14	1500	1500	0
15	1800	1800	0
16	2000	2000	0
17	2200	2200	0
18	2400	2400	0
19	2600	2600	0
20	3000	3000	0
Rata- Rata Error			0,59

C. Pengujian kontrol PID

Setelah menentukan nilai pada K_p , K_i , dan K_d maka dilakukan pengujian tanpa menggunakan beban untuk mengetahui grafik respon sistem dengan menggunakan nilai *setpoint* 60 derajat celsius.



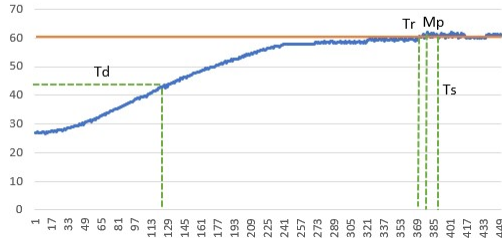
Bagan 2. Grafik respon kontrol PID

D. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan sebanyak 4 kali percobaan untuk mengetahui pengaruh konstanta PID yang dapat dilihat pada grafik respon sistem.

1. Metode manual *Tunning* 1 ($K_p = 19.28$, $K_i = 0.15$, $K_d = 300.95$)

$K_p = 19.28$ $K_i = 0.15$ $K_d = 300.95$
Set Point = 60



Bagan 3. Grafik respon manual *Tunning* 1

Delay Time = 126 s
 $\left(\frac{60 - 27}{2} = 16.5 \right)$
 27 + 16.5 = 43.5 (pada suhu 43.5 °C waktu menunjukan 126 s)

Error (steady state) = $\left(\frac{61 - 60}{60} \right) 100\% = 1.6\%$
 = $\left(\frac{59.1 - 60}{60} \right) 100\% = 1.5\%$

Rise Time = 372 s
 lama waktu yang diperlukan respon dari 0% hingga 100% sehingga dari grafik diatas dapat diketahui dari suhu awal 27 °C hingga 60 °C

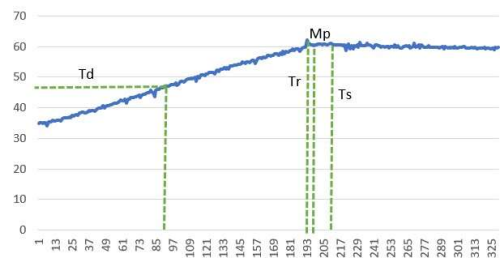
Peak Time = 379 s (waktu yang menunjukan saat berada pada suhu tertinggi dari pengujian 61,9 °C)

Settling Time = 635 s
 ➤ Settling Time 2% = $60 \pm (0.02 \times 60)$
 = 60 ± 1.2
 = 61.2 °C – 58.8°C
 ➤ Settling Time 5% = $60 \pm (0.05 \times 60)$
 = 60 ± 3
 = 63 °C – 57°C

Maksimum Overshoot = 0%

2. Metode manual *Tunning* 2 ($K_p = 20.15$, $K_i = 0.5$, $K_d = 350$)

$K_p = 20.15$ $K_i = 0.5$ $K_d = 350$ SetPoint = 60



Bagan 4. Grafik respon manual *Tunning* 2

Delay Time = 96 s
 $\left(\frac{60 - 34.8}{2} = 12.6 \right)$
 34.8 + 12.6 = 47.4 (pada suhu 47.4 °C waktu menunjukan 96 s)

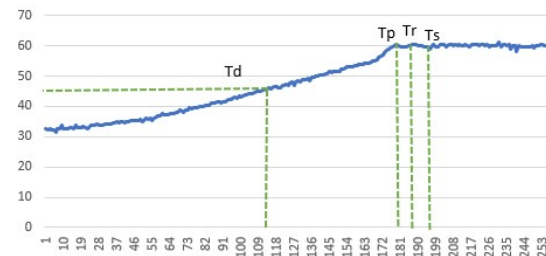
Error (steady state) = $\left(\frac{59.4 - 60}{60} \right) 100\% = -1\%$
 = $\left(\frac{60.8 - 60}{60} \right) 100\% = 1.3\%$

Rise Time = 198 s
 lama waktu yang diperlukan respon dari 0% hingga 100% sehingga dari grafik diatas dapat diketahui dari suhu awal 34.8 °C hingga 60 °C

Peak Time = 193 s
 Settling Time = 212 s
 ➤ Settling Time 2% = $60 \pm (0.02 \times 60)$
 = 60 ± 1.2
 = 61.2 °C – 58.8°C
 ➤ Settling Time 5% = $60 \pm (0.05 \times 60)$
 = 60 ± 3
 = 63 °C – 57°C

3. Metode manual *Tunning* 3 ($K_p = 38.3$, $K_i = 1$, $K_d = 390.95$)

$K_p = 38.3$ $K_i = 1$ $K_d = 390.95$
Setpoint 60



Bagan 5. Grafik respon manual *Tunning* 3

Delay Time = 116 s
 $\left(\frac{60 - 32.7}{2} = 13.65 \right)$
 32.7 + 13.65 = 46.35 (pada suhu 47.4 °C waktu menunjukan 116 s)

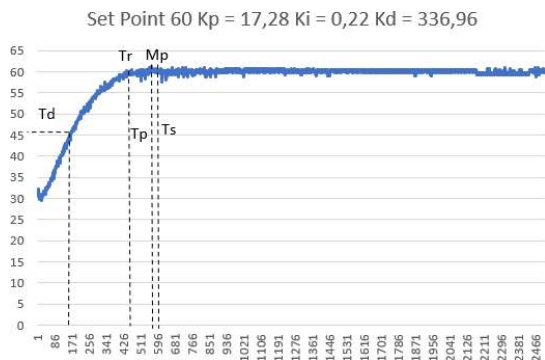
Error (steady state) = $\left(\frac{58.7 - 60}{60} \right) 100\% = -2.1\%$
 = $\left(\frac{60.9 - 60}{60} \right) 100\% = 1.5\%$

Rise Time = 186 s
 lama waktu yang diperlukan respon dari 0% hingga 100% sehingga dari grafik diatas dapat diketahui dari suhu awal 34.8 °C hingga 60 °C

Peak Time = 177 s
 Settling Time = 196 s
 ➤ Settling Time 2% = $60 \pm (0.02 \times 60)$
 = 60 ± 1.2
 = 61.2 °C – 58.8°C
 ➤ Settling Time 5% = $60 \pm (0.05 \times 60)$
 = 60 ± 3
 = 63 °C – 57°C

Maksimum Overshoot = 0%

4. Metode *Ziegler Nichols 1* ($K_p = 17.28$, $K_i = 0.22$, $K_d = 336.96$)



Bagan 6. Grafik respon metode *Ziegler Nichols 1*

Delay Time	= 166 s $\left(\frac{60 - 31}{2} = 14.5\right)$ 31 + 14.5 = 45.5 (pada suhu 45.5 °C waktu menunjukan 166 s)
Error (steady state)	= $\left(\frac{60.8 - 60}{60}\right) 100\% = 1.3 \%$ = $\left(\frac{59.8 - 60}{60}\right) 100\% = -2 \%$
Rise Time	= 455 s lama waktu yang diperlukan respon dari 0% hingga 100% sehingga dari grafik diatas dapat diketahui dari suhu awal 31 °C hingga 60 °C
Peak Time	= 565 s (waktu yang menunjukan saat berada pada suhu tertinggi dari pengujian 61.2 °C)
Settling Time	= 572 s ➤ Settling Time 2% = $60 \pm (0.02 \times 60)$ = 60 ± 1.2 = 61.2 °C – 58.8 °C ➤ Settling Time 5% = $60 \pm (0.05 \times 60)$ = 60 ± 3 = 63 °C – 57 °C
Maksimum Overshoot	= 0%

Berikut merupakan tabel perbandingan antara pengujian dengan perhitungan metode *Ziegler Nichols 1* dan manual *Tunning*.

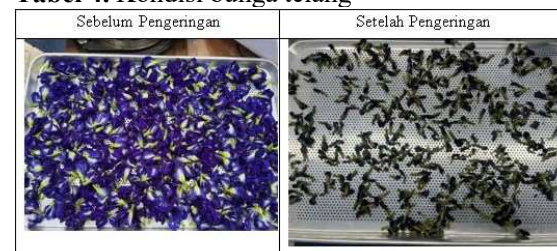
Tabel 3. Pengujian sistem

Pengujian Ke -	Suhu						
	Setpoint	Td	Tr	ts	Tp	Os	ESS
$K_p = 19.28$ $K_i = 0.15$ $K_d = 300.95$	60	126 s	372 s	635 s	379 s	0%	1.6% dan -1.5%
$K_p = 20.15$ $K_i = 0.5$ $K_d = 350$	60	96 s	198 s	212 s	193 s	3.3%	-1% dan 1.3%
$K_p = 38.3$ $K_i = 1$ $K_d = 390.95$	60	116 s	186 s	196 s	177 s	0%	-2.1% dan 1.5%
$K_p = 17.28$ $K_i = 0.22$ $K_d = 336.96$	60	166 s	455 s	572 s	565 s	0%	1.3% dan 2%

Pada pengujian *system* dilakukan dengan dengan dua metode yaitu dengan manual *Tunning* (menentukan nilai PID dengan *trial and error*) dan *Ziegler Nichols 1*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *set point* 60. Penentuan nilai PID akan berpengaruh terhadap respon *system*. Pemberian nilai K_p yang tinggi akan berpengaruh terhadap *rise time* dan *overshoot* dari *system*, sedangkan untuk nilai K_i berpengaruh untuk melakukan peredaman nilai *overshoot* agar stabil ke *set point* atau *steady state*, dan pemberian nilai K_d akan berpengaruh terhadap respon dalam mempertahankan nilai *steady state*. Sehingga dengan melakukan perubahan nilai PID dan diketahui respon *system*, maka menggunakan nilai $K_p = 17.28$ $K_i = 0.22$ dan $K_d = 336.96$. Dengan menggunakan *set point* 60 serta nilai PID berdasarkan perhitungan *Ziegler Nichols 1*, maka lama waktu pengeringan bunga telang dengan berat awal 760 gram menjadi 79 gram memerlukan waktu hingga 6 jam 45 menit. Sedangkan saat menggunakan nilai *set point* 55 dan PID berdasarkan perhitungan *Ziegler Nichols 1* maka lama waktu pengeringan bunga telang dengan berat awal 760 gram menjadi 75 gram memerlukan waktu hingga 7 jam 30 menit.

Pada tabel 4 merupakan kondisi bunga telang sebelum dan sesudah dikeringkan

Tabel 4. Kondisi bunga telang



IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian pengeringan bunga telang menggunakan oven pengering bahwa metode PID efektif dalam mempertahankan suhu sesuai dengan *setpoint*.

Pembacaan sensor suhu menggunakan sensor LM35 dengan pembanding berupa thermometer digital mendapatkan nilai *error* rata rata sebesar

(2,15%). *Error* yang dihasilkan menunjukkan bahwa sensor dapat digunakan dengan baik.

Pembacaan sensor berat menggunakan *loadcell* kapasitas 5 kg dengan pembandingan berupa timbangan digital mendapatkan nilai *error* rata-rata sebesar (0,59%). *Error* yang dihasilkan menunjukkan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik

Untuk menentukan nilai PID pada suhu yaitu diawali dengan menggunakan rumus *Ziegler Nichols 1*, didapatkan nilai $K_p = 17,28$ $K_i = 0,22$ dan $K_d = 336,96$ untuk PID kontrol suhu dengan pengujian menggunakan beban 785 gram dengan berat akhir sebesar 79 gram yang mana didapatkan nilai *delay time* 166 s, *error steady state* 1,3 % - (-2%), *rise time* 455 s, *peak time* 565 s, *settling time* 572 s, dan maksimum overshoot 2%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada UMKM Mbah Jayus atas kesempatan yang telah diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian. Serta kepada dosen pembimbing atas saran, arahan serta bimbingan yang diberikan.

REFERENSI

- [1] Kominfo, "Industri Makanan dan Minuman Diakselerasi Menuju Transformasi Digital." [Online]. Available: <https://www.kominfo.go.id/content/detail/33978/industri-makanan-dan-minuman-diakselerasi-menujustransformasi-digital/0/berita>
- [2] A. M. Marpaung, "Tinjauan Manfaat Bunga Telang (*Clitoria Ternatea* L.) Bagi Kesehatan Manusia," *J. Funct. Food Nutraceutical*, vol. 1, no. 2, pp. 63–85, 2020, doi: 10.33555/jffn.v1i2.30.
- [3] D. U. P. Putri and N. S. Baharza, "Pengaruh Konsumsi Teh Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) Sebagai Alternatif Antioksidan Dan Booster Imunitas Pada Masa Pandemi Covid-19," *J. Ilm. Permas J. Ilm. Stikes Kendal*, vol. 13, no. 1, pp. 109–118, 2023.
- [4] H. Khairina, N. Siregar, S. Hartati, S. Azhar, and U. N. A. D. Jayanti, "Edukasi Pembuatan Teh Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) Di Desa Manik Maraja, Kec. Sidamanik, Kab. Simalungun Dalam Rangka Pengabdian Masyarakat," *BEST J. (Biology Educ. Sains Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 298–304, 2021, doi: 10.30743/best.v4i2.4448.
- [5] N. K. A. Martini, N. G. A. Ekawati, and P. Timur Ina, "Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Teh Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.)," *J. Ilmu dan Teknol. Pangan*, vol. 9, no. 3, p. 327, 2020, doi: 10.24843/itepa.2020.v09.i03.p09.
- [6] R. A. Fauzi, A. Widyasanti, S. D. N. Perwitasari, and S. Nurhasanah, "Optimasi Proses Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan Bunga Telang (*Clitoria Ternatea*) Menggunakan Metode Respon Permukaan," *J. Teknol. Pertan.*, vol. 23, no. 1, pp. 9–22, 2022.
- [7] D. Cahya, E. Mandayatma, and M. Fauziyah, "Implementasi Metode PI Untuk Pengaturan Suhu Pada Proses Pengeringan Kelopak Bunga Rosella," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 7, no. 3, p. 9, 2021, doi: 10.33795/elkolind.v7i3.202.
- [8] A. Ketawang, T. Laksmi, T. Andromeda, and A. Triwiyatno, "Pengendali Suhu Menggunakan Kontroler PID Pada Prototipe Mesin Pengering Fluidasi Gabah," *Transient*, vol. 7, no. 2, pp. 500–508, 2018.
- [9] Z. I. Awwal, A. Murtono, and S. Adhisuwignjo, "Implementasi Kontrol PID untuk Pengaturan Suhu dan Kelembapan pada Lemari Pengering Pakaian," vol. 02, no. 08, pp. 1–15, 2024.
- [10] A. A. Noor, S. Adhisuwignja, and T. S. Patma, "Implementasi Kontrol PID Untuk Pengaturan Suhu Pada Proses Pengeringan Rumput Laut," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 7, no. 2, p. 85, 2021, doi: 10.33795/elkolind.v7i2.199.