

Implementasi Metode PI Untuk Pengaturan Suhu Pada Proses Pengeringan Kelopak Bunga Rosella

Delila Cahya, Eka Mandayatma, Mila Fauziyah

Abstrak - Bunga rosella di Indonesia dikonsumsi sebagai minuman teh herbal. Untuk memproses bunga rosella sebelum dikonsumsi, bunga rosella dipetik kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Namun pengeringan dengan menjemur pada tempat terbuka di bawah sinar matahari membutuhkan waktu cukup lama dua sampai tiga hari apabila musim hujan bisa mencapai tujuh hari. Untuk menyelesaikan permasalahan proses pengeringan bunga rosella secara konvensional, dapat dilakukan pengeringan menggunakan oven listrik dengan *heater* sebagai media pengering kelopak bunga rosella. Proses pengeringan rosella menggunakan oven listrik dengan mengatur suhu menggunakan kontrol PI yang diterapkan pada *heater* agar dapat mengatur tegangan keluaran pada *heater* dengan *setpoint* 60°C. Metode ZN 1 dengan nilai $K_p=9,49$, dan $K_i=0.02$ didapatkan hasil pengujian suhu dengan performansi nilai $t_d= 305$ detik, $t_r= 904$ detik, $t_p= 1268$ detik, $t_s = 904$ detik dan *overshoot* 1,67%. Proses pengeringan membutuhkan waktu yang lebih cepat selama 13 jam 30 menit dan menghasilkan berat akhir rosella 100gram.

Kata Kunci : rosella, waktu, suhu, control PI

I. PENDAHULUAN

Rosella atau dengan nama latin *Hibiscus Sabdariffa* Linn merupakan tanaman dari keluarga jenis bunga sepatu yang berasal dari Afrika dan Timur Tengah. Tanaman perdu ini termasuk tanaman semusim, tingginya bisa mencapai 3,5 meter. Di Indonesia tanaman rosella ini banyak di gunakan sebagai minuman teh herbal. Tanaman rosella jika di tanam di Indonesia akan berbunga dan siap untuk di panen pada usia 5-6 bulan. Setelah rosella di panen biasanya tanaman kelopak bunga rosella di keringkan kemudian hasil kelopak bunga kering dikonsumsi dan kebanyakan diolah sebagai bahan untuk membuat minuman teh [1].

Delila Cahya adalah Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang email: delilacahya@gmail.com
Eka Mandayatma dan Mila Fauziyah adalah Dosen Jurusan Teknik ElektroPoliteknik Negeri Malang email: eka.mandayatma@polinema.ac.id
mila.fauziyah@polinema.ac.id

Pengeringan secara konvensional memerlukan area yang cukup luas dan lamanya waktu proses pengeringan karena hanya mengandalkan sinar matahari. Akibatnya memerlukan tempat yang luas dan biaya operasional yang tidak ekonomis. Proses pengeringan dengan sinar matahari juga tidak higienis karena ditempatkan pada tempat terbuka yang menyebabkan kelopak bunga akan terkontaminasi virus-virus atau bakteri penyebab penyakit [2]. Pengeringan mekanis atau dengan menggunakan oven listrik merupakan metode alternatif lain dalam pengeringan kelopak bunga rosella. Menggunakan oven listrik, tinggi-rendahnya suhu harus mendapat perhatian, karena penggunaan suhu yang terlalu rendah atau tinggi dapat menyebabkan kandungan bahan organik yang terdapat dalam rosella menjadi berkurang[3].

Untuk mempercepat waktu proses pengeringan kelopak bunga rosella dengan suhu yang stabil, maka pada penelitian ini akan merancang dan membuat oven listrik menggunakan heater dengan kontrol PI (*propotional intergral*) untuk pengaturan suhu pada saat proses pengeringan kelopak bunga rosella sehingga waktu pengeringan lebih efektif dan cepat dengan suhu yang stabil.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bunga Rosella

Rosella atau nama latin *hibiscus sabdariffa* merupakan tanaman yang sudah banyak dikenal dan dimanfaatkan diberbagai negara termasuk di Indonesia. Bagian yang dimanfaatkan dari tanaman ini adalah bunganya yang berwarna merah. Pemanfaatan bunga rosella sebagai bahan pangan sangat beragam, antara lain sebagai teh herbal, selai, jus, penyedap rasa dll. Untuk di Indonesia bunga rosella lebih banyak dikenal sebagai bunga yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan teh herbal, atau diberberapa daerah disebut sebagai teh merah. Berbagai kandungan anti oksidan yang terdapat dalam kelopak rosella menjadikan teh yang rasal dari rosella memiliki banyak manfaat. Pengeringan rosella menggunakan oven pengering (suhu 50°C dan 60°C) dengan mengeringkan manual dari sinar matahari dapat disimpulkan, suhu 50°C merupakan suhu optimal untuk pengeringan rosella [3].

Rasio pengeringan rosella umumnya 10:1. Artinya, setiap 10 kg kelopak segar akan menghasilkan 1 kg bahan kering [4]. Pada penelitian dengan metode pengeringan

bunga rosella menggunakan kabinet dryer meliputi pengeringan suhu 50°C, 60°C, 70°C, pengeringan dengan sinar matahari selama 1 hari dan 2 hari, hasil penelitian terbaik adalah pengeringan pada suhu 50°C, yang menghasilkan kadar air 9,42% [5].

2.2 Sensor LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan[6].

Sensor ini memerlukan kalibrasi eksternal untuk menghasilkan ketelitian 0.25°C pada suhu ruangan. Sedangkan kemampuan sensor ini untuk mengukur suhu terletak pada kisaran -55°-150°C dengan tegangan output antara -1 Vdc s/d +6 Vdc. Tegangan negatif output sensor menunjukkan suhu negative [7].

2.3 Sensor Load Cell

Load cell adalah sensor gaya dan tekanan, apabila dikenai gaya atau tekanan maka bentuknya akan berubah, perubahan bentuknya ini menyebabkan resistansinya akan berubah. Pada strain gauge (load cell) atau bisa disebut dengan deformasi (strain gauge) mengukur perubahan yang berpengaruh pada strain sebagai sinyal listrik, karena perubahan efektif terjadi pada beban hambatan kawat listrik. Prinsip kerja timbangan digital dengan loadcell yaitu terdapat sebuah loadcell yang akan memberikan output tegangan dari perubahan resistansi yang terjadi akibat adanya perubahan posisi penyangga beban, sehingga perubahan tersebut harus dimasukkan ke ampilifier. Kelebihan dari Loadcell Single Point kapasitas beban yang ditimbang adalah 20, 50, 100, 150, 200, dan 250kg dan dapat menimbang beban yang kecil [8].

2.4 Metode Tuning Ziegler-Nichols 1

Metode Tuning Ziegler Nichols 1 atau sering disebut metode kurva reaksi yaitu respon plant dari metode ini dapat diperoleh secara eksperimental dengan masukan berupa unit step, sehingga menghasilkan kurva S seperti pada gambar 1 dan didapatkan dua karakteristik konstanta yaitu waktu tunda (L) dan waktu konstanta (T). Waktu tunda dan waktu konstanta ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu (t) dan sumbu c(t) =K. Dari L dan T pada kurva S, Ziegler-Nichols menyarankan untuk mencari nilai Kp, Ki, dan Kd berdasarkan formula pada Tabel 1[9].



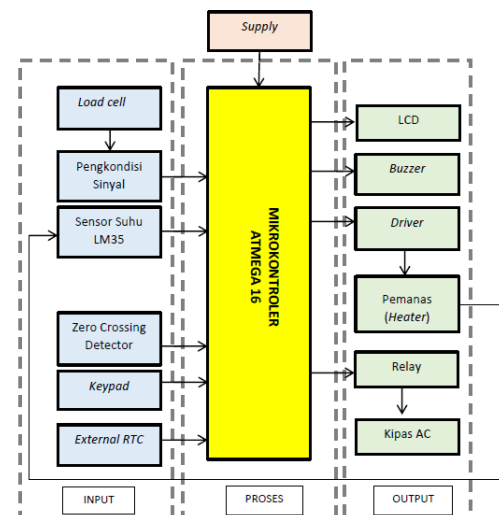
Gambar 1. Kurva berbentuk S[10]

Tabel 1. Aturan Ziegler-Nichols I [9]

Tipe Kontrol	Kp	Ti	Td
P	T/L	∞	0
PI	0.9 x T/L	0.3/L	0
PID	1.2 x T/L	2 x L	0.5 x L

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja dari oven pengering kelopak bunga rosella dengan menekan tombol ON pada push botton kemudian memasukkan bunga rosella basah ke dalam loyang oven dengan kapasitas maksimum 4Kg setelah itu menekan tombol “ * ” pada keypad untuk menjalankan sistem. Saat sistem dihidupkan heater mulai bekerja dan sensor LM35 mendeteksi suhu ruangan untuk mencapai nilai setpoint yang telah ditentukan (60°C). Supaya suhu stabil sesuai dengan setpoint yang diinginkan (60°C) maka mikrokontroler mengendalikan suhunya berdasarkan nilai Kp, Ki yang sudah ditentukan, jika suhu kurang dari setpoint (suhu < setpoint), maka nilai sudut α yang keluar pada mikrokontroler bertambah hingga sistem mendeteksi kadar persentase berat dari bunga Rosella menyusut sebesar 10% dari berat bunga Rosella basah yang dimasukkan ke dalam oven. Apabila berat rosella menyusut

telah sesuai, maka buzzer aktif dan sistem keseluruhan akan mati secara otomatis.

3.2 Perancangan Mekanik

Dalam pembuatan oven pengeringan kelopak bunga rosella dilakukan perancangan mekanik alat terlebih dahulu. Secara keseluruhan rangka atau *body* oven pengering kelopak bunga rosella terbuat dari bahan *steel plate*. Untuk bagian dalam oven, loyang terbuat dari aluminium *food grade*. Oven pengering kelopak bunga rosella dibuat dengan ukuran panjang 70cm, lebar 60cm dan tinggi 60cm. Dengan 3 buah loyang digantung masing-masing panjang loyang 50cm, lebar 50cm dan tinggi 1,5cm.

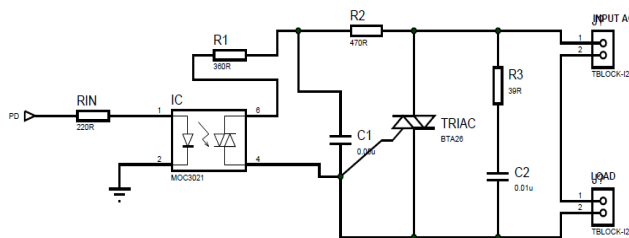
Gambar mekanik alat pengeringan secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanik Alat

3.3 Perancangan Rangkaian Driver Heater

Driver heater ini merupakan rangkaian untuk kontrol pemanas yang berfungsi untuk mengendalikan daya dari heater yang digunakan sebagai media pengering. Ketika suhu melebihi nilai *setpoint*, maka kontrol suhu akan menurunkan daya heater dengan mengatur sudut picu penyalakan rangkaian pengontrol suhu. Kontrol ini diatur melalui pin pada mikrokontroler ATMEGA16 yang nanti akan mengatur penyalakan heater.



Gambar 4. Rangkaian *Driver Heater*

Pada gambar 4. dapat dilihat rangkaian *driver heater* sesuai datasheet MOC3021 dengan memanfaatkan masukan dengan arus searah 15 mA untuk menyalakan LED MOC3021 (sesuai *datasheet*), selanjutnya LED akan mengaktifkan

OPTOTRIAC dan kemudian memicu *TRIAC* yang berfungsi sebagai saklar elektronik yang dapat melewati arus AC. Keluaran *optocoupler* berhubungan langsung dengan sumber tegangan AC pada beban yang akan dikendalikan, akibatnya *TRIAC* akan terpicu sehingga *heater* akan teraliri arus listrik. Dengan diaturnya waktu pemberian sinyal pemucuan, maka besarnya tegangan yang diterima *heater* juga akan bervariasi, maksudnya adalah sudut α yang dikeluarkan oleh mikrokontroler untuk mengatur tingkat kepanasan dari *heater*.

Pin 1 pada MOC3021 dipasang resistor untuk membatasi arus yang masuk ke *optocoupler* untuk memicu nyala LED (arus I_{ft} di datasheet adalah 15mA) dan sebagai syarat MOC3021 aktif, sehingga untuk membatasi arus yang masuk ke dalam *optocoupler*, maka dibutuhkan resistor dengan nilai tahanan (R_{in}) yang dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (1) berikut :

$$V = I \times R \tag{1}$$

Dimana :

$$V_{mikro} = 5V$$

$$V_f = 1,5V \text{ (sesuai datasheet MOC3021)}$$

$$I_{ft} = 15 \text{ mA (sesuai datasheet MOC3021)}$$

$$V = I \times R$$

$$R = \frac{V}{I} \tag{2}$$

$$R1 = \frac{5V - 1,5V}{15mA}$$

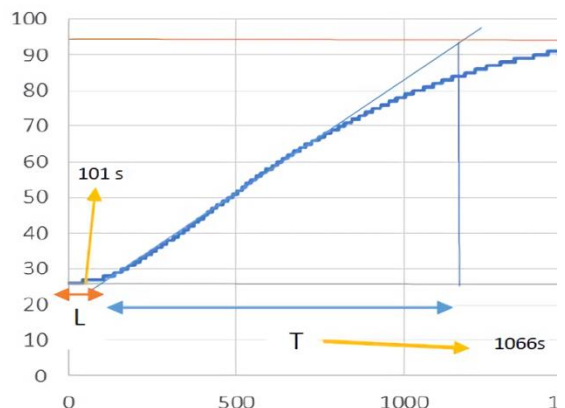
$$R1 = \frac{3,5V}{0,015A}$$

$R1 = 233,3 \Omega$ (menggunakan 220 Ω , karena sesuai dengan standarisasi resistor E22)

3.4 Perencanaan Sistem

Kontroler PI memiliki dua parameter yang berpengaruh pada kinerja kontroler ini yaitu konstanta proporsional (K_p) dan konstanta Integral (K_i). Oleh karena itu dilakukan *tunning* eksperimen untuk mendapatkan nilai K_p dan K_i yang tepat sehingga kontroler dapat bekerja secara optimal. Pada perancangan kontroler ini menggunakan *tunning* Ziegler-Nichlos metode kurva reaksi.

Berikut pada gambar 5 adalah hasil respon dari alat pengering kelopak Bunga Rosella tanpa kontrol:



Gambar 5. Grafik Respon Sistem Tanpa Kontrol

Dari gambar 5 grafik respon sistem, dapat diketahui respon *plant* berupa kurva S, sehingga dalam perancangan ini digunakan metode Ziegler Nichlos I. Kemudian langkah selanjutnya yaitu mencari nilai L (dead time) dan T (waktu tunda) dari grafik respon sistem, maka didapatkan nilai L = 101 *second* dan T = 1066 *second*. Nilai- nilai tersebut kemudian dimasukkan pada rumus,

Diketahui :

$$L = 101 \text{ second}$$

$$T = 1066 \text{ second}$$

Sehingga didapatkan nilai :

$$Kp = 0,9 \frac{T}{L} \tag{3}$$

$$= 0,9 \frac{1066}{101}$$

$$= 0,9 \cdot 10,554$$

$$= 9,49$$

$$Ti = \frac{L}{0,3} \tag{4}$$

$$= \frac{101}{0,3}$$

$$= 336,67$$

$$Kp = Kp = 9,49 \tag{5}$$

$$Ki = \frac{Kp}{Ti} \tag{6}$$

$$= \frac{9,49}{336,67}$$

$$= 0.028$$

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sensor LM35

Tabel 2 . Hasil Pembacaan Sensor LM35

No.	Sensor LM35	Thermometer	Error
1	27 ⁰ C	27 ⁰ C	0%
2	29 ⁰ C	30 ⁰ C	3,4%
3	31 ⁰ C	32 ⁰ C	3,2%
4	33 ⁰ C	34 ⁰ C	3%
5	35 ⁰ C	36 ⁰ C	2,8%
6	37 ⁰ C	38 ⁰ C	2,6%
7	39 ⁰ C	40 ⁰ C	2,5%
8	41 ⁰ C	42 ⁰ C	2,4%
9	43 ⁰ C	44 ⁰ C	2,3%
10	45 ⁰ C	46 ⁰ C	2,2%
11	47 ⁰ C	48 ⁰ C	2,1%
12	49 ⁰ C	50 ⁰ C	2%
13	51 ⁰ C	52 ⁰ C	1,9%
14	53 ⁰ C	54 ⁰ C	1,8%
15	55 ⁰ C	56 ⁰ C	1,8%
16	57 ⁰ C	58 ⁰ C	1,7%
17	59 ⁰ C	60 ⁰ C	1,7%
18	60 ⁰ C	61 ⁰ C	1,7%

Dari Tabel 2 pengujian yang dilakukan untuk membandingkan pembacaan sensor LM35 dengan alat

ukur *thermometer* pada tabel 1, dapat diketahui nilai *error* maksimal yaitu 3,4% dan nilai *error* minimalnya 1,7%. Nilai *error* pada pembacaan sensor LM35 masih dapat ditoleransi karena nilai *error* yang dihasilkan masih berkisar kurang dari 5%, sehingga nilai *error* yang didapatkan tidak terlalu mengganggu kinerja dari sistem pembacaan dari sensor suhu LM35.

4.2 Pengujian Sensor Load Cell

Tabel 3. Hasil Pembacaan Sensor Load Cell

No.	Berat Sebenarnya (Timbangan)	Nilai ADC (sebelum dikali brasi)	Berat (Setelah dikalibrasi)	Error (%)
1	0,5 Kg	31	0,5 Kg	0%
2	1 Kg	63	1,00 Kg	0%
3	1,5 Kg	94	1,5 Kg	0%
4	2 Kg	126	2,01 Kg	0,5%
5	2,5 Kg	157	2,51 Kg	0,4%
6	3 Kg	188	3,00 Kg	0%
7	3,5 Kg	220	3,52 Kg	0,5%
8	4 Kg	252	4,03 Kg	0,7%

Dari Tabel 3 hasil pengujian sensor load cell didapatkan perbandingan pembacaan sensor *load cell* dengan timbangan dapat dilihat pada persamaan (7).

$$Error\% = \left(\frac{Bk - Bt}{Bt} \right) \times 100\% \tag{7}$$

Keterangan :

Bk = berat setelah dikalibrasi

Bt = berat sebenarnya (timbangan)

Selain itu, nilai *error* rata-rata yang dihasilkan juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4-2).

$$Error \text{ rata-rata} = \frac{\sum Error \text{ Berat}}{\sum Data \text{ Sampel}} \times 100\%. \tag{8}$$

Dari hasil tabel 3 pengujian sensor *load cell* dapat dikatakan berhasil dengan nilai *error* rata-ratanya sebesar 0,2%.

4.3 Pengujian Driver Heater

Sinyal pemicuan dari mikrokontroler berupa pulsa *high* akan mengalirkan arus ke dalam komponen led di *optotriac* MOC3021, selanjutnya led akan mengaktifkan *triac*, akibatnya *triac* terpicu sehingga heater teraliri listrik. Dengan diaturnya sudut picu (α) maka besarnya tegangan yang diterima pemanas juga bervariasi tergantung nilai *delay* yang dikeluarkan mikrokontroller untuk mengatur tingkat kepanasan dari *heater*.

Sistem ini memanfaatkan sudut picu α untuk mengatur tingkat kepanasan dari *heater*. Sudut picu α disini menggunakan fungsi timer 0 (TCNT0) untuk membuat program yang mengatur *delay* untuk pemicuan *heater*.

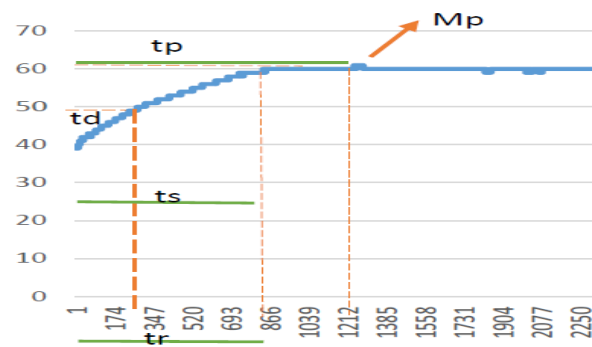
Tabel 4. Hasil Pengujian *Driver Heater*

Delay_ms	Tegangan
2ms	228 Vac
3ms	224,5 Vac
4ms	210,6 Vac
5ms	186 Vac
6ms	155,7 Vac
7ms	121,4 Vac
8ms	39,8 Vac
9ms	3,445 Vac
9.5ms	2,923 Vac

Berdasarkan hasil pengujian dengan melakukan pengukuran pada tegangan beban, semakin kecil nilai *delay_ms* yang diberikan pada *optotriac* MOC3021, maka *heater* akan bekerja secara maksimal. Hal tersebut dikarenakan tegangan yang diterima *optotriac* MOC3021 akan menghasilkan daya yang berbeda – beda sesuai dengan presentase yang dihasilkan dari *output* PI.

4.4 Pengujian PI Ziegler-Nichlos 1

Pengujian PI dilakukan dengan cara memberikan *input* melalui *keypad* berupa nilai *setpoint* (suhu) yang telah ditentukan untuk proses pengeringan kelopak bunga rosella. Suhu yang digunakan untuk melakukan pengujian PI ini adalah 60°C. Pada pengujian ini dilakukan dengan sistem kontrol PI yang telah ditentukan dengan nilai $K_p = 9,49$ dan $K_i = 0.028$. Pengujian ini diperoleh data berupa grafik yang terbaik seperti gambar 9.



Gambar 9. Grafik Pengujian Kontrol PI Pada Suhu 60°C

Dari grafik respon sistem pada gambar 9, diperoleh karakteristik respon sistem yang ditunjukkan pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Performa Respon Sistem Menggunakan Kontroler PI

NO	PERFORMA RESPON KURVA	HASIL
1	<i>Delay time</i> (td)	305 s
2	<i>Rise time</i> (tr)	904 s
3	<i>Peak Time</i> (tp)	1268 s
4	<i>Settling time</i> (ts)	904 s
5	<i>Max overshoot</i> (Mp)	1,67%

Berdasarkan hasil pengujian PI pada proses pengeringan kelopak bunga Rosella pada gambar grafik 9 menghasilkan grafik respon sistem dengan suhu yang stabil, diperoleh *rise time* yang cepat selama 904s atau 15menit menuju *setpoint* dengan nilai prosentase overshoot yang kecil atau kurang dari 2%.

4.5 Pengambilan Data Proses Pengeringan Rosella

Pengambilan data dilakukan dengan mengeringkan kelopak bunga rosella seberat 1Kg sebagai sampel dengan suhu pengeringan 60°C, dan berat akhir yang diinginkan adalah 10% atau sekitar 100 gram, jika berat kurang dari atau sama dengan 100 gram tampilan LCD “selesai”sistem berhenti (*off*), dan *buzzer* akan aktif jika proses pengeringan telah selesai. Hasil pengambilan data sesuai dengan tabel 6.

Tabel 6. Pengambilan data proses pengeringan

WAKTU	SUHU	BERAT	BUZZER
07.00	26°C	1000gram	OFF
07.30	60°C	1000gram	OFF
08.00	60°C	1000gram	OFF
08.30	60°C	900gram	OFF
09.00	60°C	900gram	OFF
09.30	60°C	900gram	OFF
10.00	61°C	800gram	OFF
10.30	60°C	800gram	OFF
11.00	60°C	800gram	OFF
11.30	60°C	700gram	OFF
12.00	60°C	700gram	OFF
12.30	61°C	700gram	OFF
13.00	60°C	600gram	OFF
13.30	60°C	600gram	OFF
14.00	60°C	600gram	OFF
14.30	59°C	500gram	OFF
15.00	60°C	500gram	OFF
15.30	59°C	500gram	OFF
16.00	60°C	400gram	OFF
16.30	60°C	400gram	OFF
17.00	61°C	400gram	OFF
17.30	60°C	300gram	OFF
18.00	60°C	300gram	OFF
18.30	59°C	300gram	OFF
19.00	59°C	200gram	OFF
19.30	60°C	200gram	OFF
20.00	60°C	200gram	OFF
20.30	60°C	100gram	ON

Pada tabel 6, dapat dilihat hasil dari pengujian sistem untuk mengeringkan kelopak bunga rosella basah seberat 1000 gram dan dalam waktu pengeringan selama 13 jam 30 menit dengan suhu pengeringan 60°C, kelopak bunga rosella dapat kering dengan berat akhir 100 gram atau menyusut menjadi 10% dari berat awal. Saat awal mesin dihidupkan suhu masih berada pada suhu ruangan yakni 26°C, kemudian suhu mulai merambat naik hingga

mencapai 60°C dengan waktu kurang lebih 22 menit. Berat dari kelopak bunga rosella berubah-ubah setiap 2 jam sehingga berat akhir menjadi 10% dari berat awal atau kurang lebih sama dengan 100 gram dari berat awal 1000 gram.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian dan analisa pada pengontrolan suhu pengeringan kelopak bunga rosella menggunakan metode PI, maka dapat dibuat beberapa kesimpulan :

1. Pembacaan Sensor suhu LM35 dengan termometer kaca menunjukkan bahwa pembacaan sensor suhu LM35 dapat dikatakan baik karena memiliki rata rata *error* 2,27%. Error yang dihasilkan menunjukkan bahwa sensor suhu cukup akurat dan presisi sehingga mampu menampilkan kinerja yang baik pada sistem.
2. Pada proses pengeringan kelopak bunga rosella dengan menggunakan metode PI menggunakan nilai $K_p=9,29$ dan $K_i=0,028$ dengan hasil grafik respon sistem menunjukkan nilai *delay time* (td) 305s, *rise time* (tr) 904s, *settling time* (ts) 904 s, *peak time* 1268s dan maksimal *overshoot* yang terjadi sebesar 1,67%.
3. Proses pengeringan kelopak bunga rosella dengan berat kelopak bunga rosella basah sebesar 1Kg membutuhkan waktu pengeringan selama 810 menit atau 13 jam 30 menit untuk menyusut beratnya menjadi 10% atau 100 gram. Proses pengeringan merata karena menggunakan kipas AC di dalam oven sebagai sirkulasi udara panas.

5.2 Saran

1. Untuk melakukan pengembangan pada alat ini, sebaiknya menggunakan metode yang berbeda, yaitu *fuzzy logic control*. Diharapkan agar dapat mengetahui perbandingan respon yang dihasilkan dengan menggunakan kontrol lain.
2. Untuk sensor suhu sebaiknya menggunakan lebih dari satu sensor suhu yang ditempatkan pada berbagai sisi ruang oven agar pembacaan suhu di dalam ruang oven lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Firmansyah, Tomi. 2010. Rancang Bangun Mesin Kelopak Bunga Rosella Berbasis Presentase Berat. Tugas Akhir Teknik Elektro Polinema, Malang.
- [2] Yuariski, Oki dan Suherman. 2012. Pengeringan Bunga Rosella (*Hibiscus Sabdariffa*) Menggunakan Pengering Rak Udara Resirkulasi. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, 1(1).
- [3] Hayati, Rita, Nurhayati dan Nova Annisa. 2011. Pengaruh Suhu Pengeringan Terhadap Mutu Rosella Kering (*Hibiscus sabdariffa*). J. Floratek, 6(1-7).
- [4] Maryani, H dan Kristiana Lusi. 2005. Khasiat dan Manfaat Rosella. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- [5] Winarti, Sri, dkk. 2015. Karakteristik dan Aktivitas Antioksidan Rosella Kering (*Hibiscus Sabdariffa* L.). J.Rekapangan, 9(2).
- [6] Utomo, Ambar Tri, dkk. 2011. Implementasi Mikrokontroler Sebagai Pengukur Suhu Delapan Ruangan. Jurnal Telnologi, 4(2).
- [7] Elsi, Zulphini Reno Saputra. 2016. Perancangan Monitoring Suhu Ruangan Menggunakan Arduino Berbasis Android Di PT. Tunggal Idamna Abdi Cabang Palembang. JTI, 8(2).
- [8] M.N.M. Priskila, dkk. 2017. Rancang Bangun Timbangan Digital dengan Kapasitas 20Kg Berbasis Microcontroller ATmega8535. E-Journal Teknik Elektro dan Komputer, 6(1).
- [9] Suryatini, Fitria; Firasanti, Annisa. (2018). Kendali P, PI, dan PID Analog Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Penalaan Ziegler – Nichols. JERC (Journal of Electrical and Electronics), 6(1).
- [10] Katsuhiko, Ogata. 1997. *Modern Control Engineering Third Edition*. University Of Minnesota.