

Implementasi PID *Control* Untuk Pengendalian Suhu *Foam Mat Drying* Pada Proses Ekstrak Buah Sirsak Berbasis DCS (*Distributed Control System*)

Ilham Berlianto, Edi Sulistio Budi, Tarmukan

Abstrak — Buah Sirsak adalah buah yang memiliki kandungan vitamin C tinggi yang dapat membantu meningkatkan sistem imun tubuh, namun memiliki daya simpan yang pendek sekitar 3-4 hari setelah proses pematangan. Dengan dijadikan bubuk membuat daya simpan lebih panjang dan lebih mudah dikonsumsi. Proses ekstraksi bubuk buah sirsak terdapat empat tahap yaitu *crusher* (penghancuran), *spinner* (penyaringan), *mixing* (pencampuran), dan *drying* (pengeringan). Proses tahap *drying* (pengeringan) digunakan untuk mengurangi kadar air busa sirsak setelah proses *mixing* agar dapat dijadikan bubuk. Prinsip kerja sistem *drying* ini adalah dengan menstabilkan suhu oven sesuai *setpoint* yang diberikan. Salah satu upaya untuk mengendalikan suhu secara otomatis yaitu dengan menerapkan metode PID (*Proportional- Integral-Derivatif*). Pada Alat ini menggunakan kontroler DCS, sensor suhu dan *heater* sebagai aktuator. Berdasarkan pengujian menggunakan metode *Zieger – Nichlos I* diperoleh respon sistem yang baik pada suhu *drying* dengan *setpoint* 65°C dan beban 250 gram yaitu $K_p = 2,641$; $T_i = 328$; $T_d = 82$. Waktu yang dibutuhkan dalam proses pengeringan busa sirsak dengan berat 250 gram yaitu 2 jam 15 menit menghasilkan nilai *presentase overshoot* 1,5%, *error steady state* sebesar 0,5% dan *settling time* selama 30 menit.

Kata kunci : DCS, *Drying*, *Heater*, PID, Sensor PT-100, Sirsak.

I. PENDAHULUAN

Buah sirsak merupakan salah satu buah yang banyak mengandung antioksidan yaitu vitamin C. Selain vitamin C buah sirsak juga banyak mengandung karbohidrat, terutama fruktosa dan kandungan vitamin B1 dan B21. Buah sirsak memiliki masa penyimpanan hanya 3-4 hari setelah proses pematangan. Untuk memperpanjang masa penyimpanan buah sirsak dapat dilakukan dengan mengurangi kadar air buah sirsak, salah satu cara yaitu menjadikannya dalam bentuk bubuk.

Dalam proses ekstrak buah sirsak terdapat 4 tahap yaitu *crusher* (penghancuran), *spinner* (penyaringan), *mixing*

(pencampuran), dan *drying* (pengeringan). pada tahap *drying* salah satu caranya dengan teknik *foam mat drying*. Teknik ini merupakan cara pengeringan bahan berbentuk cair yang sebelumnya dijadikan busa terlebih dahulu dengan menambahkan zat pembusa yang menyebabkan lengket jika dikeringkan dengan cara lain. Zat pembusa yang lazim digunakan untuk campuran pembuatan busa adalah *Dekstrin* dan *Tween80*. Pengendalian suhu pada proses pengeringan busa sirsak adalah faktor utama yang harus diperhatikan agar menghasilkan bubuk sirsak yang baik tanpa merusak kandungan gizi saat proses pengeringan busa.

Bidang otomasi industri adalah salah satu bidang yang terus mengalami perkembangan khususnya pada sistem kontrol yang digunakan. DCS dan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) adalah sistem kontrol yang banyak digunakan dengan metode kontrol yang efektif dan mudah diimplementasikan pada sebuah proses yang sebelumnya menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*). Berdasarkan latar belakang dapat diangkat judul Implementasi PID *Control* Untuk Pengendalian *Foam Mat-Drying* Pada Proses Ekstrak Buah Sirsak Berbasis DCS(*Distributed Control System*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor Suhu

RTD yang merupakan singkatan dari *Resistance Temperature Detector* adalah sensor suhu yang pengukurannya menggunakan prinsip perubahan resistansi atau hambatan listrik logam yang dipengaruhi oleh perubahan suhu. RTD adalah salah satu sensor suhu yang paling banyak digunakan dalam otomatisasi dan proses kontrol.



Gambar 1 Sensor suhu PT-100

Ilham Berlianto adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang, email : ilhambertlianto@gmail.com

Edi Sulistio Budi dan Tarmukan adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email : edi.sulistio@polinema.ac.id, tarmukan@polinema.ac.id

2.2 Heater

Elemen pemanas merupakan alat pengubah tenaga listrik menjadi tenaga panas atau komponen ini berfungsi sebagai penghasil panas. Pemakaian elemen pemanas sebagai sumber kalor atau panas pada alat pengering ini, prinsip kerjanya sama dengan pemanfaatan untuk keperluan alat rumah tangga seperti oven dan setrika listrik.



Gambar 2 Heater

2.3 Kontrol PID (Propotional-Integral-Derivative)

PID merupakan sistem kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan adanya *feedback* pada sistem tersebut. Pada metode ini, *output* kontrol dihasilkan dengan cara pertama memperkuat *error signal* (*proportional*), lalu mengintegrasikan *error signal* (*integral*), dan terakhir membuatnya sebanding dengan laju perubahan *error signal* itu sendiri (*derivative*). Kontroler yang melakukan mekanisme tersebut disebut dengan PID *controller*. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D supaya tanggapan sinyal keluaran pada *system* terhadap masukan tertentu sesuai seperti yang diharapkan. Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi nilai dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta K_p , T_i , dan T_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.

Tabel 1 Tanggapan Sistem Kontrol PID

Kontrol	Rise Time	Overshoot	Settling Time	Error Steady State
Proporsional (K_p)	Menurun	Meningkat	Perubahan Kecil	Menurun
Integral (K_i)	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
Derivative (K_d)	Perubahan Kecil	Menurun	Menurun	Perubahan Kecil

2.4 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan salah satu Arduino yang murah, mudah didapat, dan sering digunakan. Arduino Uno ini dibekali dengan mikrokontroler ATMEGA32 dan versi terakhir yang dibuat adalah versi R3 [5].

Spesifikasi yang terdapat *board* Arduino UNO adalah sebagai berikut:

- 1) Mikrokontroler: ATmega328
- 2) Tegangan operasi : 5V

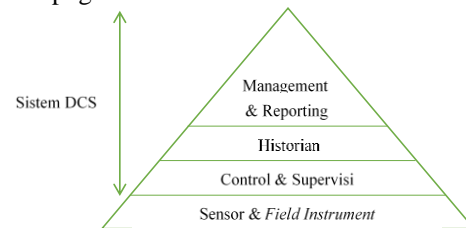
- 3) Tegangan *input* (*recommended*) : 7 - 12V
- 4) Tegangan *input* (*limit*) : 6-20 V
- 5) Arus DC per *pin* I/O : 40 mA
- 6) Arus DC untuk *pin* 3.3 V : 150 mA
- 7) Frekuensi sebesar 16 Mhz

2.5 DCS (Distributed Control System)

Pengembangan *control system* menggunakan PC dan beberapa alat elektronik sehingga menghasilkan suatu pengontrol *loop system* lebih efektif dan dapat dilakukan oleh semua orang dengan cepat dan mudah, itulah sistem kontrol DCS. Penerapan teknologi *microcomputer*, *software* dan *network* digunakan dalam pengembangan sistem ini. Sistem *hardware* dan *software* mampu menerima sinyal *input* berupa sinyal analog, digital maupun pulsa dari peralatan *instrument* di lapangan. Kemudian melalui fungsi *feedback control* sesuai algoritma kontrol maupun *sequence program* yang telah ditentukan, sistem akan menghasilkan sinyal *output* analog maupun digital yang selanjutnya digunakan untuk mengendalikan *final control element* (kontrol *valve*, dll) maupun untuk tujuan *monitoring*, *reporting*, dan *alarm*. Penempatan fungsi kontrol sistem ini di dalam *satellite room* (*out station*) yang terdistribusi dilapangan (*field*). Setiap unit proses biasanya memiliki sebuah *out station*, di dalam *out station* tersebut terdapat peralatan kontroler (*control station & monitoring station*). Oleh karena peralatan tersebut berfungsi sebagai fasilitas untuk koneksi dengan peralatan instrumen lapangan (*instrument field devices*), maka peralatan tersebut sering juga disebut sebagai *process connection device*. Pada suatu *loop system* terdiri dari :

1. Alat pengukur (*Sensor Equipment*)
2. Alat kontrol untuk penganturan proses (*Controller*)
3. Alat untuk aktualisasi (*Actuator*)

Pada sistem DCS hasil pengukuran proses dan pengontrolan dimasukan dalam satu sistem CPU yang datanya langsung bisa dilihat *operator* dan *action* yang diperlukan untuk suatu *loop* bisa langsung diatur secara otomatis karena dalam komputer sudah ada sistem pengontrolan yang diperlukan oleh proses tersebut. Sistem DCS dirangkai dalam suatu topografi yang bersusun membentuk sistem pengontrolan, menghasilkan *report* dan penyimpanan data. Berikut ini topografi sistem DCS :



Gambar 3 Topografi DCS

Fungsi DCS

- DCS berfungsi sebagai alat untuk melakukan kontrol suatu *loop system* dimana satu *loop* bisa terjadi beberapa proses *control*.

- Sebagai pengganti alat kontrol *manual* dan *auto* yang terpisah - pisah menjadi suatu kesatuan, sehingga lebih mudah untuk pemeliharaan dan penggunaannya.
- Sebagai pengumpul dan pengolah data agar didapat suatu proses yang diinginkan.

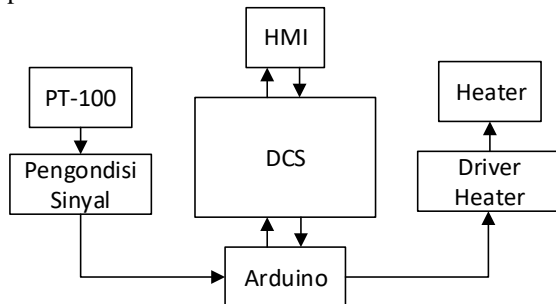
Cara Kerja DCS sebagai suatu sistem kontrol otomatis bekerja dengan cara :

1. Mengumpulkan data yang diterima dari lapangan.
2. Mengolah data tersebut menjadi sebuah *signal standart*.
3. Mengolah data *signal standart* yang didapat dengan *system* pengontrolan yang berlaku sehingga bisa diterapkan untuk mendapatkan nilai yang cocok untuk koreksi *signal*.
4. Bila terjadi *error* atau simpangan data maka dilakukan koreksi dari data yang didapat guna mencapai nilai standar yang dituju. Setelah terjadi koreksi dari simpangan data dilakukan pengukuran atau pengumpulan data ulang dari lapangan.

III. METODE PENELITIAN

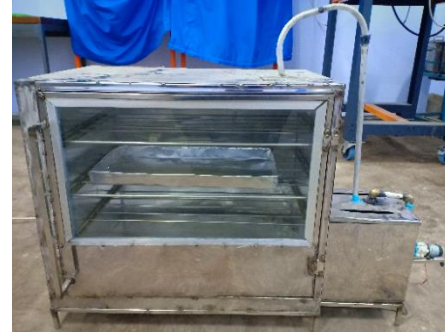
3.1 Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja pengendalian suhu *foam-mat drying* pada proses ekstrak bubuk buah sirsak. Pertama, memasukkan nilai *setpoint* suhu *max* 80°C kemudian menuangkan busa sirsak yang telah diberikan campuran *Malto Dekstrin* dan *Tween 80* pada proses *Bulking Agent* ke dalam Loyang dengan ketinggian busa 0,5 cm lalu diratakan, kemudian dimasukkan kedalam oven untuk dikeringkan. Selanjutnya menekan tombol (hijau) pada panel untuk memulai proses pengeringan. kontroler DCS akan mengeluarkan sinyal analog hasil dari kontrol PID yang akan diterima *driver heater* dengan bantuan arduino sehingga suhu oven sesuai dengan *setpoint* yang sudah ditentukan. Sensor PT-100 yang di letakkan di dalam oven akan membaca suhu oven dan mengirimkannya ke DCS sebagai nilai *feedback* yang akan dibandingkan dengan nilai *setpoint* untuk dikontrol agar suhu didalam oven tetap stabil. Pada alat *drying* ini, uap panas yang dihasilkan dari proses pengeringan busa akan disalurkan menuju tanki air menggunakan dorongan angin yang dihasilkan *fan*, didalam tanki air ini terjadi proses kondensasi. Air didalam tanki di sirkulasi terus menerus menggunakan pompa DC agar air tidak panas.



Gambar 4 Diagram Blok Sistem

3.2 Perencanaan Mekanik



Gambar 5 Perencanaan Mekanik

Pada perencanaan alat yang akan di buat ini memiliki beberapa spesifikasi, diantaranya adalah:

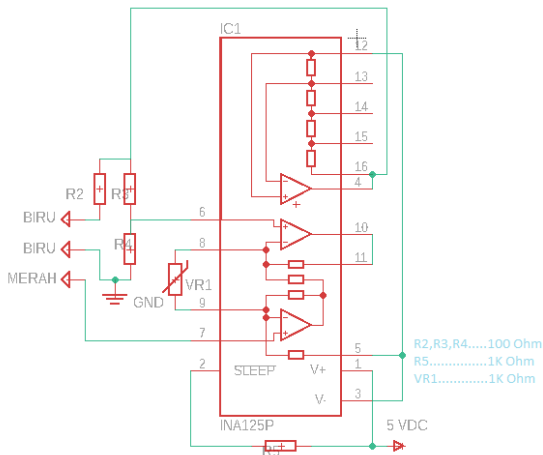
1. Dimensi Oven
 - Panjang : 60 cm
 - Lebar : 40 cm
 - Tinggi : 50 cm
 - Bahan : *Stainless Steel* dan Aluminium
2. Dimensi Tangki Kondensasi
 - Panjang : 20 cm
 - Lebar : 20 cm
 - Tinggi : 20 cm
 - Bahan : Aluminium
3. Dimensi Loyang
 - Panjang : 50 cm
 - Lebar : 35 cm
 - Tinggi : 3 cm
 - Bahan : Aluminium
4. Dimensi Pipa
 - Diameter : 1,2 cm
 - Bahan : Aluminium
5. Sensor Suhu
 - Temperature Range: -40°C - 500°C
6. Heater
 - Daya : 1000 Watt
 - Supply : 220 Vac
 - Dimensi : 50 x 10 mm
7. Fan
 - Supply : 12 Vdc
 - Dimensi : 4 x 4 cm
8. Kontroler : DCS SIMATIC PCS 7
 - *Power Supply* : PS 407 10A R
 - *Sinyal Input* : 0 – 10 VDC
 - *Sinyal Output* : 0 – 10 VDC
 - CPU 416-2 : 416-2XN05-0AB0
 - CP 443-1 : 443-1EX20-0XE0
 - *Bus Address* : IM 153-2
 - *Digital Input* : DI 32 x DC 24 V (321-1BL00-0AA0)
 - *Digital Output* : DO 16 x REL AC 120/230V (322-1HH01-0AA0)
 - *Analog Input* : AI 8 x 16 BIT (331-7NF00-0AB0)

- Analog Output : A0 8 x 12 BIT (322-5HF00-0AB0)

9. Arduino

- Supply : 7-12 Vdc
- Arus Pin I/O : 20 Ma
- Pin digital I/O: 14
- Pin AI : 6
- Clock Speed : 16 MHz

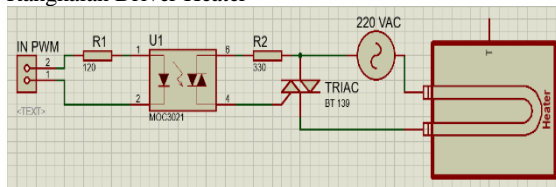
3.3 Perencanaan Rangkaian Driver Suhu



Gambar 6 Rangkaian Driver Suhu

Sensor PT100 akan membaca suhu panas ruangan dan selanjutnya diubah ke energi listrik berupa tegangan. Untuk mengkonversikan menjadi perubahan tegangan maka digunakan rangkaian jembatan *wheatstone*. Output dari jembatan *wheatstone* hanya mampu mengeluarkan tegangan dalam orde mV untuk itu perlu adanya penguatan tegangan. IC INA125P digunakan untuk menguatkan output dari jembatan *wheatstone* agar dapat dibaca oleh modul DCS yang memiliki range tegangan 1-5 volt.

3.4. Rangkaian Driver Heater



Gambar 7 Rangkaian DAC

Pengontrolan Suhu digunakan untuk mendapatkan nilai suhu sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan. Ketika suhu melebihi *setpoint*, maka kontroler akan menurunkan daya heater dengan mengatur sudut picu penyalaan komponen *triac* pada rangkaian *driver heater*. Kontrol ini diatur melalui port DO pada kontroler DCS yang mendapatkan data berupa tegangan 1-5 volt yang akan mengatur penyalaan heater

Sebagai penghubung antara elemen pemanas dan rangkaian kontrol maka perlu digunakan *optocoupler* jenis MOC3041 yang terhubung dengan port DO untuk mengatur pengaktifan heater. Saat port DO mendapatkan logika 0 (1

volt) maka heater akan menyala secara maksimal sedangkan ketika port DO mendapatkan logika 1 (5 volt), maka heater akan mati. Proses pengaturan daya dilakukan dengan mengatur tegangan masukan 1-5 volt untuk dapat mengendalikan daya heater 0-100%. Rangkaian driver heater ini memanfaatkan rangkaian *zero crossing detector* yang terdapat pada *optocoupler* MOC3041 untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220 saat melewati titik nol, titik nol ini merupakan acuan yang akan digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda (*delay time*) untuk memicu penyalaan *triac*.

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sensor Suhu PT-100

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor pt-100 dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai suhu oven dari suhu ruang sampai suhu maksimal *drying* sirsak yang selanjutnya akan dibandingkan antara pembacaan suhu pada *display* HMI dengan pembacaan *thermometer*.

Tabel 2 Pengujian Sensor Suhu

No	Suhu Thermometer (°C)	Suhu Pada HMI (°C)	Error (%)
1	26,4	26,3	0,3
2	30	30,2	0,6
3	40	40,3	0,75
4	50	50,2	0,4
5	60	59,9	0,16
6	70	70,9	1,2
7	80	81	2
	Rata-rata Error		0,77

Berdasarkan tabel 2 perbandingan suhu pada HMI dengan pembacaan sensor pada *thermometer* memiliki nilai error terbesar 2% dan terkecil 0.3% dengan rata-rata error sebesar 0.77%.

4.2 Pengujian Driver Heater

Pengujian driver heater dilakukan dengan cara mengatur nilai PWM dan melihat tegangan keluaran pada output driver heater. Perubahan nilai tegangan heater terhadap nilai PWM

Tabel 3 Pengujian Driver Heater

No	Vin (VAC)	Nilai PWM	Vout Heater (VAC)
1	230	0	021
2	230	51	110
3	230	102	151
4	230	153	187
5	230	204	216
6	230	255	230

Hasil pengujian pada tabel 3 menunjukkan bahwa perubahan nilai *duty cycle* yang diberikan pada driver heater memberikan pengaruh pada tegangan heater, meskipun

perubahan tidak linier. Pada nilai *duty cycle* maksimal yaitu 255 mencapai tegangan heater 230V.

4.3 Pengujian PID Control Tanpa Beban

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengambil data tanpa beban dan parameter $K_p=2.641$, $K_i=328$, $K_d=82$. Berikut merupakan hasil respon pengujian tanpa menggunakan beban yang diberikan *setpoint* 60°C dapat dilihat pada gambar 9.

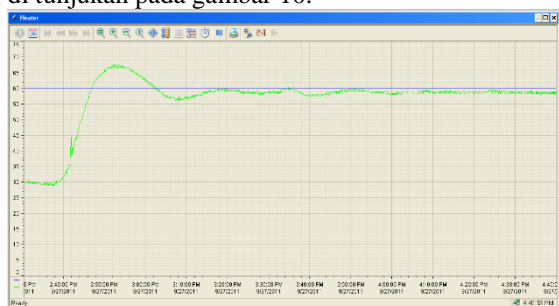


Gambar 8 Grafik Pengujian PID Control Tanpa Beban

Dari hasil pengujian sistem tanpa beban dan *setpoint* suhu 60°C didapatkan grafik seperti pada gambar 13 sehingga didapatkan nilai waktu tunda (*delay time*) sebesar $t_d = 8$ menit 36 detik, waktu naik (*rise time*) $t_r = 11$ menit 80 detik, dan waktu puncak (*peak time*) $t_p = 16$ menit 50 detik.

4.4 Pengujian PID Control Suhu 60°C Beban 250 g

Dengan pengujian ini *setpoint* yang di berikan adalah 60°C dengan menggunakan beban 250g untuk mengetahui respon yang di berikan sistem apakah berkerja dengan baik apa tidak yang di tunjukan pada gambar 10.



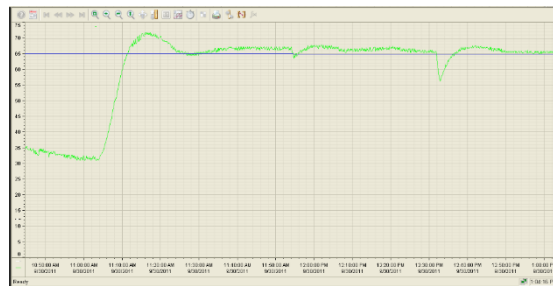
Gambar 9 Grafik Pengujian PID Control Suhu 60°C Beban 250 g

Dari hasil pengujian sistem dengan menggunakan beban 250 gram dan *setpoint* suhu adalah 60°C didapatkan grafik seperti pada gambar 10 dapat dianalisa sebagai berikut:

1. Waktu tunda (*delay time*) $t_d = 8$ menit 36 detik.
2. Waktu naik (*rise time*) $t_r = 11$ menit 80 detik.
3. Waktu puncak (*peak time*) $t_p = 16$ menit 50 detik.
4. *Overshoot* maksimal (*maximum overshoot*) $m_o = 1.694\%$

4.4 Pengujian PID Control Suhu 65°C, beban 250g

Dengan pengujian ini *setpoint* yang di berikan adalah 65°C, dengan menggunakan beban 250 g untuk mengetahui respon yang di berikan sistem apakah berkerja dengan baik apa tidak yang di tunjukan pada gambar 11.



Gambar 10 Grafik Pengujian PID Control Suhu 60°C, Beban 250 g

Dari hasil pengujian sistem dengan menggunakan beban 250 gram dan *setpoint* suhu adalah 60°C, didapatkan grafik seperti pada gambar 11 sehingga didapatkan analisa sebagai berikut:

1. Waktu tunda (*delay time*) $t_d = 06$ menit 20 detik.
2. Waktu naik (*rise time*) $t_r = 09$ menit 40 detik.
3. Waktu puncak (*peak time*) $t_p = 11$ menit 20 detik.
4. *Overshoot* maksimal (*maximum overshoot*) $m_o = 2.286\%$

4.5 Analisis Data

1. Percobaan pertama dengan Suhu 60°C, beban 250g
Berdasarkan gambar 10 respon pada *setpoint* 60°C adalah osilasi terjadi secara stabil namun memiliki *rise time* cukup cepat 11 menit 40 detik. Bisa dilihat pada tabel 4 di atas M_o sangat besar mencapai 1.694% *delay time* dengan respon *peak time* 16 menit 50 detik. Namun keseluruhan pengujian ini menunjukkan kontrol PID bekerja meskipun masih osilasi.
2. Percobaan kedua dengan Suhu 65°C, beban 250g
Berdasarkan gambar 11 respon pada *setpoint* 65°C adalah osilasi terjadi secara stabil namun memiliki *rise time* cukup cepat 09 menit 40 detik. Bisa dilihat pada tabel 4 di atas M_o sangat besar mencapai 2.286%, *delay time* cepat dan juga respon *peak time* 11 menit 20 detik. Namun keseluruhan pengujian ini menunjukkan kontrol PID bekerja meskipun masih osilasi.

Tabel 4 Perbandingan respon Suhu 60°C & Suhu 65°C.

Performa Respon Kurva	Percobaan 1 Suhu 60°C, beban 250g	Percobaan 2 Suhu 65°C, beban 250g
t_d (<i>delay time</i>)	08 menit 36 detik	06 menit 20 detik
t_r (<i>rise time</i>)	11 menit 40 detik	09 menit 40 detik
t_p (<i>peak time</i>)	16 menit 50 detik	11 menit 20 detik
M_o (<i>maximum overshoot</i>)	1.694%	2.286%

Berdasarkan tabel 4 perbandingan antara percobaan 1 Suhu 60°C, beban 250g dan percobaan 2 Suhu 65°C, beban 250g adalah semakin tinggi suhu(°C,) oven maka semakin cepat hasil respon sistemnya (*rise time*). Namun, M_o lebih besar dengan nilai 2.286%, *delay time* lebih lambat meskipun *peak time* cepat. Dari keseluruhan

pengujian ini menunjukkan kontrol PID bekerja meskipun tetap beresilasi.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan menganalisis hasil dari pengujian tersebut, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perancangan dan hasil pengujian yang telah dilakukan bahwa nilai parameter K_p , K_i , dan K_d didapatkan dengan perhitungan metode Ziegler Nichols 2 dengan hasil nilai $K_p=2.641$ $K_i = 328$ dan $K_d = 82$. Memiliki *delay time* (td) sebesar 08 menit 36 detik, *rise time* (tr) 11 menit 40 detik, *peak time* (tp) 16 menit 50 detik dan *Maximum Overshoot* (Mo) sebesar 1.694% pada *setpoint* 60°C, beban 250g.
2. Berdasarkan perancangan dan hasil pengujian yang telah dilakukan bahwa nilai parameter K_p , K_i , dan K_d didapatkan dengan perhitungan metode Ziegler Nichols 2 dengan nilai $K_p=2.641$ $K_i = 328$ dan $K_d =$ Memiliki nilai *delay time* (td) sebesar 06 menit 20 detik, *rise time* (tr) 09 menit 40 detik, *peak time* (tp) 11 menit 20 detik dan *Maximum Overshoot* (Po) sebesar 2.286% pada *setpoint* Suhu 65°C, beban 250g.
3. Dengan beban yang sama peningkatan *setpoint* suhu *heater* mengakibatkan peningkatan Mo (*maximum overshoot*) dan Td (*delay time*) tetapi *rise time* lebih cepat namun tetap beresilasi.

5.2 Saran

Alat yang telah dibuat ini masih banyak kekurangan. Perlu adanya perbaikan dan penyempurnaan agar alat ini dapat bekerja secara optimal. Ada beberapa hal yang disarankan untuk perbaikan dan penyempurnaan yaitu :

1. Proses pembacaan sensor masih menggunakan arduino uno yang mengakibatkan proses yang lebih banyak untuk *feedback* sampai pada DCS dan proses *input* ke *driver heater*.
2. Plat Aluminium berbentuk U untuk menghantarkan suhu panas dari *heater* terlalu tipis, mengakibatkan rambat panas pada ruang oven tidak optimal.

DAFTAR PUSAKA

- [1] Prasetyorini, dkk. 2014. Potensi Antioksidan Berbagai Sediaan Buah Sirsak [*Annona Muricata Linn*]. Bogor: Universitas Pakuan
- [2] Suprianto. 2015. Pengertian dan Prinsip Kerja Sensor RTD. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- [3] Meriadi, Selamat Meliala. 2018. Perencanaan dan Pembuatan Alat Pengering Biji Coklat Dengan Wadah Putar Menggunakan Pemanas Listrik. Aceh: Universitas Malikussaleh
- [4] Suhmawan, Aditya. 2018. Implementasi Kontrol PID Pada *Object Detecting Target Shuttlecock* Robot Abu Robocon 2018 Menggunakan Sensor Kamera. Malang: Politeknik Negeri Malang
- [5] Saputro, Joko Slamet. 2018. Perancangan Kendali Keseimbangan Posisi Bola Menggunakan Metode Kendali PID. Karawang: Universitas Singaperbangsa Karawang
- [6] Kirom, Andre Dwi Syahrul. 2018. Penerapan Metode Fuzzy Logic Pada Pengaturan Kecepatan Crusher Motor Dalam Proses Sari Buah Apel Dengan Fitur HMI (Human Machine Interface). Malang: Politeknik Negeri Malang
- [7] Anggraeni Laras Puspita. 2014. Pengaruh Penambahan Maltodekstrin Pada Pengolahan Minuman Serbuk Sirsak Terhadap Aktivitas Antioksidan. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- [8] Damayanti, Annisa Maulidia. 2016. Implementasi Sistem Kontrol PID Pada Proses *Reverse Osmosis* Pengolahan Air Laut Berbasis DCS. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [9] Kurniawati, Maharita Tri. 2018. Pengontrolan Suhu Pada Proses Pemanasan Air Menggunakan DCS (*Distributed Control System*) Dengan Metode MPC (*Model Predictive Control*). Malang: Politeknik Negeri Malang
- [10] Mahaputra, Ega. 2018. Implementasi PID Sebagai Pengontrolan Suhu *Stirred Tank Heater* Pada Proses Pasteurisasi Dengan Metode LTLT (*Low Temperature Long Time*). Malang: Politeknik Negeri Malang.