

# Pengendalian Temperatur pada Proses Pengeringan Gabah Menggunakan Alat *Rotary Dryer* Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno

Afriandika Brilliant, Purwanto, Rahmadwati.

**Abstrak**—Salah satu kendala yang di hadapi petani dalam pengolahan padi pasca panen adalah proses pengeringan. Hal ini disebabkan pengeringan gabah dengan cara tradisional, yaitu dengan pengeringan gabah di bawah sinar matahari. Hambatan muncul selama musim hujan, karena gabah akan di keringkan lagi dan ini dapat menyebabkan serangan serangga atau jamur.

Dalam skripsi ini Arduino Uno diaplikasikan sebagai alat pengontrol suhu yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan pada proses pengeringan gabah. Gabah dianggap kering jika memenuhi standar kadar air (SNI) 14% RH. Pengendalian ini dilakukan pada *setpoint* 50°C dan 60°C.

Proses perancangan kontroler PID pada aplikasi ini menggunakan metode *Ziegler – Nichlos I*. Dari perhitungan didapatkan nilai parameter  $K_p= 7,45$ ,  $K_i= 0,26$  dan  $K_d= 52,15$ . Dari pengujian *setpoint* 50°C pada pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB didapatkan *settling time* masing-masing adalah 801 detik dan 975 detik. Pengujian *setpoint* 60°C pada pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB didapatkan *settling time* masing-masing adalah 840 detik dan 1095 detik. Nilai *error steady state* pada *setpoint* 50°C pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB masing-masing adalah 0,2096% dan 0,2899%. Nilai *error steady state* pada *setpoint* 60°C pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB masing-masing adalah 0,4909% dan 0,4506%.

**Kata Kunci**—*Rotary Dryer*, Pengeringan Gabah, Kontroler PID, *Ziegler-Nichlos*.

## I. PENDAHULUAN

Padi (*oryza sativa* (L)) merupakan salah satu bahan makanan berbasis biji – bijian terbesar kedua di dunia. Di Indonesia sendiri, padi telah menjadi komoditas strategis yang dapat mempengaruhi berbagai aspek kehidupan. Hal ini dikarenakan padi merupakan sumber makanan utama sebagian besar penduduk di Indonesia, dan juga merupakan salah satu sumber perekonomian sebagian besar penduduk di pedesaan. Semakin besar jumlah penduduk, maka akan semakin besar kebutuhan akan pangan, terutama beras. Sehingga, dibutuhkan peningkatan produksi beras nasional[1].

Gabah kering panen (GKP) secara umum mempunyai kadar air antara 20% - 27% (basis basah). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia. Kualitas gabah, baik kualitas 1 hingga 3 mensyaratkan kadar air gabah 14% (basis basah) agar dapat disimpan dalam jangka waktu 6 bulan yang disebut gabah kering giling (GKG)[2]. Untuk mengurangi kadar air tersebut dapat dilakukan dengan penjemuran langsung ataupun dengan menggunakan alat pengering mekanis.

Dalam menghadapi perubahan iklim akibat pemanasan global, pengeringan secara tradisional sering tidak dapat dilakukan, dikarenakan cuaca yang tidak menentu. Dengan demikian gabah tidak dapat kering dan akan menimbulkan kerusakan, seperti busuk, berjamur, tumbuh kecambah, butir kuning, sehingga dalam kondisi demikian usaha peningkatan produksi gabah menjadi kurang maksimal. Oleh karena itu, diperlukan alat pengering mekanis.

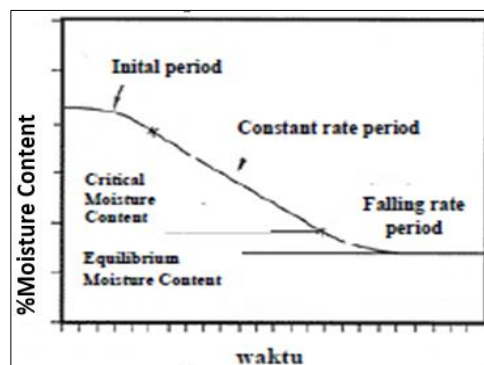
Tujuan skripsi ini adalah membuat alat kontrol otomatis dengan menggunakan Arduino Uno untuk membantu proses pengeringan gabah. Pengendalian suhu dilakukan pada *setpoint* 50°C dan 60°C sampai standar kadar air (SNI) 14% pada ruang *rotary dryer*. Diharapkan, alat ini dapat meningkatkan hasil produksi gabah, baik dari kualitas dan kuantitas.

## II. DASAR TEORI

### A. Pengeringan

Bahasa ilmiah dari pengeringan adalah penghidratan yang berarti menghilangkan air dari suatu bahan. Prinsip pengeringan melibatkan dua fenomena yakni peristiwa perpindahan panas dan perpindahan massa. Proses perpindahan panas terjadi karena suhu bahan lebih rendah dari pada suhu udara yang dialirkan di sekelilingnya. Ini berkaitan dengan diberikannya panas pada bahan yang akan dikeringkan. Sedangkan proses perpindahan massa berkaitan dengan dikeluarkannya sejumlah cairan dari bahan ke lingkungan. Panas dari udara pengering akan menaikkan suhu bahan yang menyebabkan tekanan uap air di dalam bahan lebih tinggi dari pada tekanan uap air di udara, sehingga terjadi perpindahan uap air dari bahan ke udara[3].

Kinetika pengeringan berhubungan dengan kadar uap di padatan dan suhu terhadap waktu. Gambar 1 menunjukkan hubungan kadar air dan waktu pengeringan.



**Gambar 1.** Grafik Hubungan Kadar Air Dan Waktu Pengeringan

**B. Sensor SHT 11**

Sensor SHT11 adalah sensor suhu dan kelembaban digital yang dibuat oleh perusahaan asal Swiss yang bernama Sensirion Corp. Sensor ini mempunyai keluaran digital untuk membaca suhu dan kelembaban dan telah dikalibrasi oleh perusahaan pembuatnya[4]. Bentuk sensor SHT11 ditunjukkan dalam Gambar 2.



**Gambar 2.** Sensor SHT 11

**C. Elemen Pemanas**

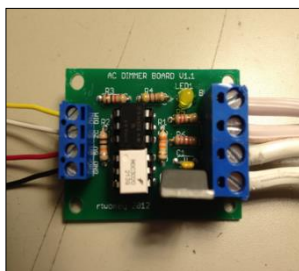
Elemen pemanas merupakan sejenis alat yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen pemanas adalah adanya arus listrik yang mengalir pada resistansi elemen sehingga menghasilkan panas. Contoh elemen pemanas dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Elemen Pemanas

**D. Modul Dimmer Circuit**

Untuk mengendalikan besarnya arus yang melewati elemen pemanas yang dicatu sumber tegangan AC digunakan rangkaian *dimmer* yang mana di dalamnya terdapat rangkaian untuk pemecuan gate TRIAC dan rangkaian *Zero Cross Detector*. Modul *Dimmer Circuit* dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Modul Dimmer Cirucuit

**E. Arduino Uno**

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega 2560. Memiliki 16 pin *input* dan *output* digital, dimana 14 pin diantara pin tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 16 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol reset. Arduino Mega dapat dilihat pada gambar 5.



**Gambar 5.** Tampak atas Arduino Uno

**F. Kontroler Proporsional Integral Differensial (PID)**

Gabungan aksi kontrol proporsional, integral, dan differensial mempunyai keunggulan dapat saling menutupi kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler. Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan sebagai berikut (Persamaan 1):

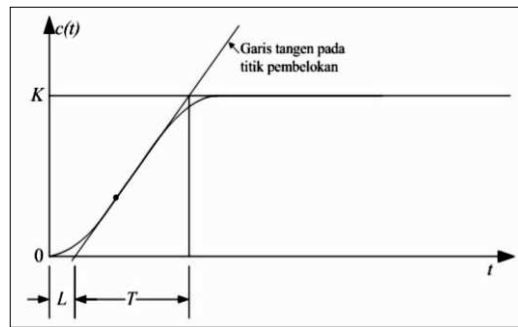
$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \cdot e(t)dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

Dalam transformasi laplace dinyatakan sebagai berikut (Persamaan 2):

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p ( 1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s ) \dots\dots\dots(2)$$

**G. Perancangan Kontroler PID dengan Metode Ziegler-Nichols**

Ziegler dan Nichols mengemukakan aturan-aturan untuk menentukan nilai dari *gain* proporsional  $K_p$ , waktu integral  $T_i$ , dan waktu derivatif  $T_d$  berdasarkan karakteristik respon transien dari *plant* yang diberikan. Penentuan parameter kontroler PID atau penalaan kontroler PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen pada plant[5].



**Gambar 6.** Kurva Respon yang Berbentuk S

Kurva berbentuk S dalam gambar 6 tersebut dapat dikarakteristikan menjadi dua konstanta yaitu waktu tunda ( $L$ ) dan konstanta waktu ( $T$ ). Waktu tunda dan konstanta waktu ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu  $t$  dan sumbu  $c(t)=K$ , fungsi alih  $C(s)/U(s)$  dapat dicari melalui pendekatan sistem orde satu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{K e^{-Ls}}{Ts+1} \dots\dots\dots(3)$$

Ziegler dan Nichols menyarankan untuk menentukan nilai-nilai dari  $K_p$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  berdasarkan pada formula yang ditunjukkan dalam Tabel 1[5].

**Tabel 1.** Rumus Metode Pertama *Ziegler-Nichols*

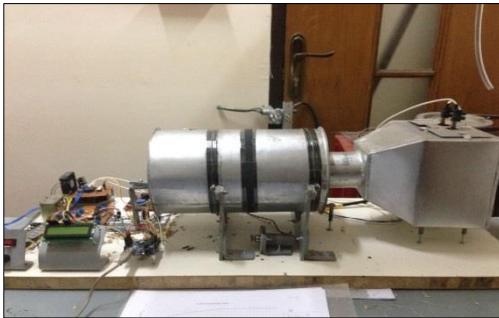
| Tipe Kontroler | Kp       | Ti=Kp/Ki | Td=Kd/Kp |
|----------------|----------|----------|----------|
| P              | T/L      | $\infty$ | 0        |
| PI             | 0,9(T/L) | L/0,3    | 0        |
| PID            | 1,2(T/L) | 2 x L    | 0,5 x L  |

### III. PEMBUATAN PERANGKAT KERAS

Pembuatan perangkat keras dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya. Hal ini dimaksudkan agar sistem pengendali suhu *Rotary Dryer* dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan.

#### A. Pembuatan Kontruksi Alat

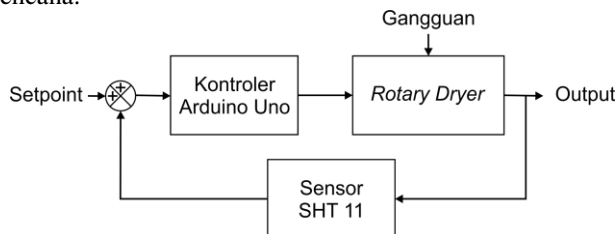
Konstruksi alat pengering gabah pada *Rotary dryer* dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Skema Kontruksi Alat Pengering Gabah

#### B. Perancangan Blok Diagram

Pada perancangan alat diperlukan perancangan blok diagram sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat bisa bekerja sesuai rencana.



**Gambar 8.** Blok Diagram

Keterangan :

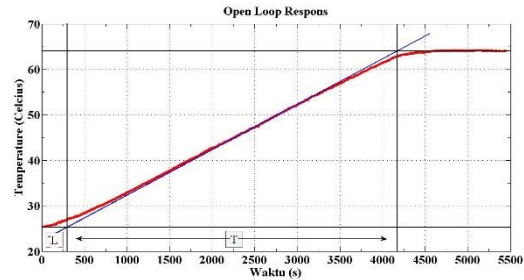
1. *Setpoint* sistem berupa suhu yang dengan nilai 50°C dan 60°C.
2. Kontroler yang digunakan adalah kontroler Proporsional Integral Differensial (PID) menggunakan perangkat keras Arduino Uno.
3. *Driver heater* menggunakan Rangkaian *Dimmer*.
4. Aktuator yang digunakan adalah *Heater 800 watt*.
5. Sensor *SHT11* sebagai pembaca suhu dan berperan sebagai *feedback* sistem.
6. Gangguan pada *Plant* berupa perbedaan kondisi suhu ruangan.

#### C. Penentuan Parameter PID

Untuk menentukan nilai dari gain proporsional Kp, waktu integral Ti, dan waktu derivatif Td berdasarkan karakteristik respon transien dari *plant* yang diberikan. Penentuan parameter kontroler PID atau penalaan

kontroler PID tersebut dilakukan dengan bereksperimen dengan *plant*[5].

Gambar 9 merupakan kurva hasil perancangan kontroler menggunakan metode *Ziegler Nichols*.



**Gambar 9.** Respon Suhu *Open Loop*

Diperoleh nilai L= 14 s dan T= 87 s. Mengacu pada tabel *Ziegler Nichols* 1, didapatkan nilai:

$$Kp = 7,45$$

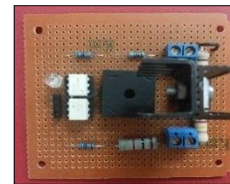
$$Ki = 0,26$$

$$Kd = 52,15$$

#### D. Perancangan Modul *Dimmer Circuit*

Modul pengendali tegangan yang digunakan adalah rangkaian *dimmer*. Secara garis besar rangkaian ini berfungsi untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220 volt saat melewati titik tegangan nol dan mengatur tegangan AC melalui pemicuan dari *gate* TRIAC.

Rangkaian *dimmer* dapat dilihat pada gambar 10.



**Gambar 10.** Rangkaian *Dimmer*

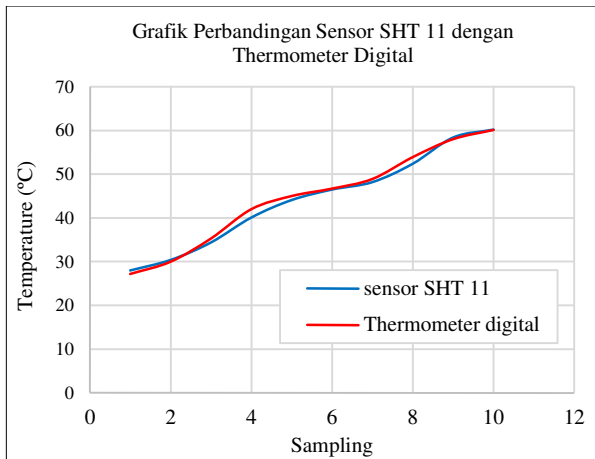
## IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

### A. Pengujian Sensor SHT 11

Pengujian dilakukan untuk mengetahui keluaran yang dihasilkan oleh sensor SHT11 sesuai suhu yang telah ditentukan. Hasil pengujian diperlihatkan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil pengujian Sensor SHT 11

| No. | Pembacaan SHT11(°C) | Pembacaan Thermometer Digital (°C) |
|-----|---------------------|------------------------------------|
| 1   | 28                  | 27,20                              |
| 2   | 30,40               | 30                                 |
| 3   | 34,4                | 35,3                               |
| 4   | 40,10               | 42                                 |
| 5   | 44,10               | 45                                 |
| 6   | 46,50               | 46,7                               |
| 7   | 48,20               | 48,9                               |
| 8   | 52,40               | 53,90                              |
| 9   | 58,40               | 58                                 |
| 10  | 60,20               | 60,10                              |

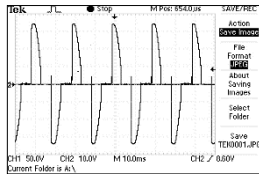


**Gambar 11** .Grafik perbandingan Sensor SHT 11 dengan Thermometer Digital

Sesuai dengan hasil pengujian tabel 2 dan gambar 11, sensor SHT 11 memiliki kemampuan baik dalam melakukan pembacaan suhu. Hal ini dibuktikan dengan *error* rata-rata sebesar 0,96%.

### B. Pengujian Penyulutan TRIAC

Pengujian penyalan TRIAC didapatkan hasil pengujian berupa bentuk gelombang keluaran TRIAC sesuai dengan sudut penyalannya. Contoh hasil keluaran gelombang untuk sudut penyalan 90° atau dengan PWM 64 ditunjukkan pada Gambar 10.



**Gambar 12** . Bentuk Gelombang Keluaran TRIAC dengan Sudut Penyalan 90°

Hasil pengujian keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil pengujian keseluruhan

| Sudut Penyalan (°) | PWM    | Perhitungan waktu tunda (ms) | Pengujian waktu tunda (ms) |
|--------------------|--------|------------------------------|----------------------------|
| 90                 | 64,00  | 5,00                         | 5,4                        |
| 105                | 74,67  | 5,83                         | 6,2                        |
| 120                | 85,33  | 6,67                         | 7                          |
| 135                | 96,00  | 7,50                         | 7,6                        |
| 150                | 106,67 | 8,33                         | 8,2                        |
| 165                | 117,33 | 9,17                         | 9                          |

Berdasarkan data hasil pengujian sudut penyalan TRIAC yang didapatkan pada Tabel 3 terjadi penyimpangan waktu tunda dengan data hasil perhitungan. Contoh perhitungan pengujian dengan sampel data ke-2.

$$\begin{aligned} \text{Waktu tunda (ms)} &= \frac{\text{SudutPenyalan}}{180^\circ} \times 10 \\ &= \frac{105^\circ}{180^\circ} \times 10 = 5,83 \text{ ms} \end{aligned}$$

Nilai *error* yang didapat dari selisih *absolute* perhitungan dan pengujian sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Error (ms)} &= |\text{Perhitungan} - \text{Pengujian}| \\ &= |5,83 - 6,2| = 0,37 \\ \text{Error (\%)} &= \frac{\text{Error}}{\text{Data Perhitungan}} \times 100\% \\ &= \frac{0,37}{5,83} \times 100\% \\ &= 6,29\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan error pengujian secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Perhitungan Waktu Tunda TRIAC

| Sudut Penyalan (°)      | Perhitungan (ms) | Pengujian (ms) | Error (ms) | Error (%) |
|-------------------------|------------------|----------------|------------|-----------|
| 90                      | 5,00             | 5,4            | 0,40       | 8,00      |
| 105                     | 5,83             | 6,2            | 0,37       | 6,29      |
| 120                     | 6,67             | 7              | 0,33       | 5,00      |
| 135                     | 7,50             | 7,6            | 0,10       | 1,33      |
| 150                     | 8,33             | 8,2            | 0,13       | 1,60      |
| 165                     | 9,17             | 9              | 0,17       | 1,82      |
| Rata Rata Kesalahan (%) |                  |                |            | 4,01      |

Dari hasil perhitungan error pengujian secara keseluruhan didapatkan nilai rata-rata error keseluruhan sebesar 4,01% dikarenakan adanya proses perhitungan dan pembulatan angka oleh mikrokontroler dan sumber AC yang tidak ideal sehingga menyebabkan adanya selisih antara perhitungan dan pengukuran. Berdasarkan analisis di atas bisa disimpulkan bahwa Mikrokontroler mampu menghasilkan sudut penyalan yang sesuai dengan yang diberikan.

### C. Pengujian Dimmer Circuit

Dari hasil pengujian *dimmer circuit* didapatkan hasil berupa nilai tegangan yang berbeda-beda sesuai dengan nilai PWM yang diberikan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Perbandingan Pwm Terhadap Tegangan

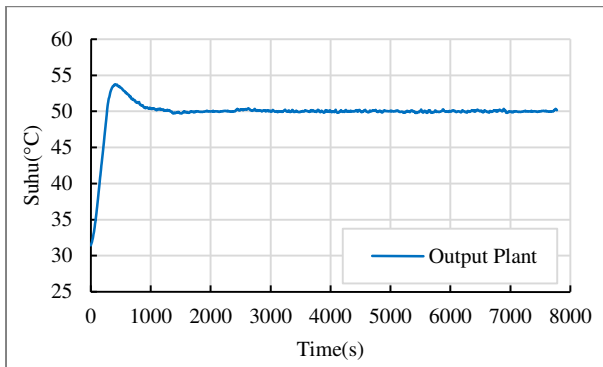
| No. | PWM | Tegangan (V) |
|-----|-----|--------------|
| 1   | 125 | 7            |
| 2   | 115 | 24           |
| 3   | 105 | 49           |
| 4   | 95  | 78           |
| 5   | 85  | 108          |
| 6   | 75  | 136          |
| 7   | 65  | 160          |
| 8   | 55  | 180          |
| 9   | 45  | 214          |
| 10  | 35  | 220          |
| 11  | 25  | 223          |
| 12  | 15  | 227          |
| 13  | 5   | 228          |

### D. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai kontroler yang dibutuhkan agar sistem bekerja sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan serta mengetahui hasil respon.

Pengujian ini dilakukan pada perbedaan kondisi yaitu pada Siang hari pukul 14.00 WIB dan Malam hari 20.00 WIB.

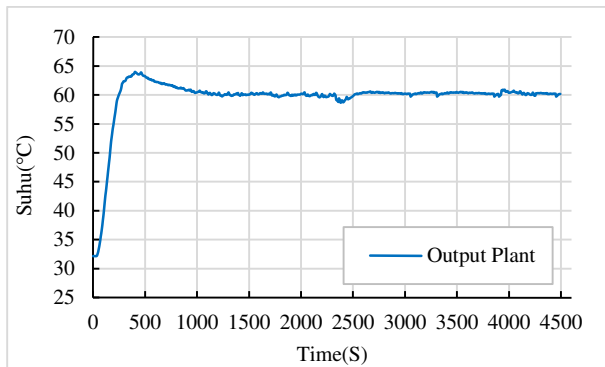
- Pengujian pada *plant Rotary Dryer* dengan *setpoint* 50°C pada pukul 14.00 WIB Siang hari.



**Gambar 13.** Grafik Output Plant dengan *setpoint* 50°C. pada pukul 14.00 WIB

Dari grafik *output plant* yang ditunjukkan dalam Gambar 13 dapat disimpulkan bahwa sistem pada suhu lingkungan 29°C mengalami *error steady state* rata-rata 0,2096 %, ts sebesar 801 detik.

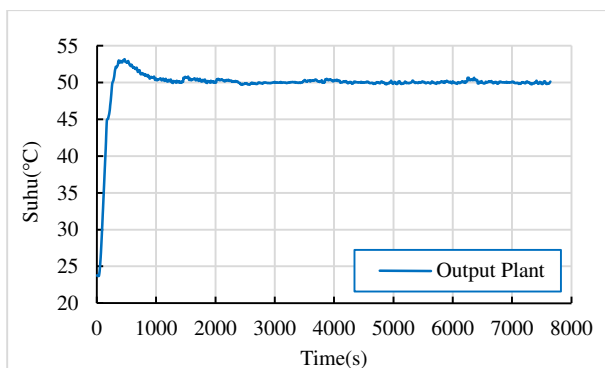
- Pengujian pada *Plant Rotary Dryer* dengan *setpoint* 60°C pada pukul 14.00 WIB Siang hari.



**Gambar 14.** Grafik Output Plant dengan *setpoint* 60°C pada pukul 14.00 WIB

Dari grafik respon sistem yang ditunjukkan dalam Gambar 14 dapat disimpulkan bahwa sistem pada suhu lingkungan 29°C mengalami *error steady state* rata-rata 0,4909%, ts sebesar 845 detik.

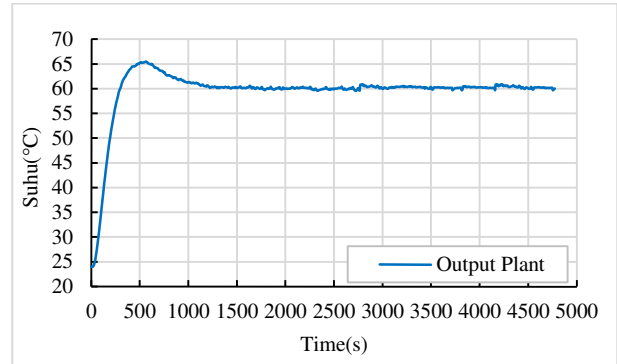
- Pengujian pada *Plant Rotary Dryer* dengan *setpoint* 50°C pada pukul 20.00 WIB Malam hari.



**Gambar 15.** Grafik Output Plant dengan *setpoint* 50°C pada pukul 20.00 WIB

Dari grafik *output plant* dalam Gambar 15 dapat disimpulkan bahwa sistem pada suhu lingkungan 22°C mengalami *settling time* sebesar 975 detik, dan *error steady statenya* rata-rata 0,2899%

- Pengujian pada *plant Rotary Dryer* dengan *setpoint* 60°C pada pukul 20.00 WIB Malam hari.



**Gambar 16.** Grafik Output Plant dengan *setpoint* 60°C pada pukul 20.00 WIB

Dari grafik *output plant* dalam Gambar 16 dapat disimpulkan bahwa sistem pada suhu lingkungan 22°C mengalami *settling time* sebesar 1095 detik, dan *error steady statenya* 0,4506%.

### E. Pengujian Hasil Kadar air pada Gabah

Hasil pengujian kadar air pada gabah ditunjukkan dalam tabel 6.

**Tabel 6.** Data lama proses pengeringan dan kadar air yang di hasilkan

| Kadar air awal (%) | Waktu (menit) | Kadar air akhir (%) |      |
|--------------------|---------------|---------------------|------|
|                    |               | 50°C                | 60°C |
| 26                 | 30            | 26%                 | 26%  |
| 26                 | 60            | 25%                 | 24%  |
| 26                 | 90            | 20%                 | 18%  |
| 26                 | 120           | 18%                 | 13%  |
| 26                 | 150           | 14%                 | -    |

Dalam pengujian ini sampel gabah diambil setiap 30 menit sekali selama proses pengeringan. Proses pengeringan bertujuan untuk menurunkan kadar air gabah pada kisaran 13% - 14% RH. Dari data dalam tabel 6 diketahui bahwa kadar air awal 26%, untuk menurunkan kadar air pada *setpoint* 50°C dibutuhkan waktu selama 150 menit dan pada *setpoint* 60°C dibutuhkan waktu selama 120 menit.

### V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan respon sistem yang diperoleh dari pengujian dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichlos* didapat nilai parameter kontroler PID dengan penguatan sebesar  $K_p= 7,45$ ,  $K_i= 0,26$ , dan  $K_d= 52,15$ .
2. Berdasarkan hasil implementasi, respon dengan nilai *setpoint* 50°C pada pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB

didapatkan *settling time* masing-masing adalah 801 detik dan 975 detik. Pengujian *setpoint* 60°C pada pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB didapatkan *settling time* masing-masing adalah 845 detik dan 1095 detik. Nilai *error steady state* pada *setpoint* 50°C pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB masing-masing adalah 0,2096% dan 0,2899%. Nilai *error steady state* pada *setpoint* 60°C pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB masing-masing adalah 0,4909% dan 0,4506%. Keseluruhan Hardware dan Software dapat berfungsi dengan baik yaitu data dari plant dapat diterima oleh komputer. Berdasarkan dari hasil respon yang didapat pada perbedaan kondisi, dapat disimpulkan bahwa hasil respon yang dihasilkan selebihnya sama, yakni *plant Rotary Dryer* ini tidak terpengaruh kondisi, atau mampu bekerja sesuai respon meskipun ada perbedaan suhu sekalipun. Hasil dari pengeringan untuk mendapatkan kadar air yang di inginkan, didapatkan pada *setpoint* 50°C dibutuhkan waktu selama 150 dan pada *setpoint* 60°C dibutuhkan waktu selama 120 menit.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah perlu diperhatikannya bentuk dari *Rotary Dryer* agar gabah tidak berjatuhan saat *Rotary dryer* berputar. Pengembangan lebih lanjut dengan metode pengontrolan yang lain.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aryunis, H., Muhammad, I., Tafzi, F., Esrita, Yunita, W. Dan Ratna, Y., 2008, *Peningkatan Produksi Padi Melalui Pemanfaatan Varietas unggul Baru Hasil Litbang Iptek Nuklir di Desa Rambah Kecamatan Tanah Tumbuh Kabupaten Bungo*, Jurnal Pengabdian pada Masyarakat, no. 46, hh. 39-40.
- [2] Waries, A. 2006. *Teknologi Penggilingan Padi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [3] Winarno, F.G. 2007. *Teknobiologi Pangan*. Bogor: Embrio Press.
- [4] Sensirion. 2002. *SHT1x Relative Humidity & Temperature Sensor System*. Zurich: Sensirion.
- [5] Ogata, K. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga.