

## PENGENDALIAN SUHU AIR DENGAN METODE *FUZZY LOGIC* DAN PI KONTROLER

### *WATER TEMPERATURE CONTROL USING FUZZY LOGIC AND PI CONTROLLER*

Dina Stefani Purba<sup>1,a)</sup>, Porman Pangaribuan<sup>1,b)</sup>, Agung Surya W  
<sup>1</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
a) [dinastefani17@gmail.com](mailto:dinastefani17@gmail.com), b) [porman@telkomuniversity.ac.id](mailto:porman@telkomuniversity.ac.id).

#### Abstrak

Kendali Suhu Air sangat dibutuhkan di beberapa pabrik dan dalam beberapa hal untuk menjaga ataupun menghasilkan produk yang baik. Pada umumnya pemanas air elektrik belum mempunyai pengendali suhu, pemanas elektrik hanya dapat memanaskan air akan tetapi tidak dapat mempertahankan suhunya apabila sudah dimatikan.

Pada tugas akhir ini akan dirancang sistem yang dapat mengatur suhu, dengan ketetapan suhu 80°C yang dapat di atur durasi pemanasannya. Sistem kendali yang digunakan ialah penggabungan dari *Fuzzy Logic* dan *Proporsional Integral Controller*. Penelitian sebelumnya telah mencoba menggunakan kendali *Fuzzy Logic* atau *Proportional Integral*. Respon dari sistem sebelumnya masih terdapat kekurangannya, untuk itu akan dicoba menggunakan dua kendali tersebut. Pada tugas akhir ini mikrokontroler yang dipakai sebagai dasar pengendali adalah Arduino Uno. Dengan menggunakan DS18B20 sebagai sensor suhu. Keypad untuk *set* waktu dan akan ditampilkan pada *Liquid Chrystal Display*.

Setelah diimplementasikan *Fuzzy Logic* dan *Proporsional Integral Controller* dapat mencapai *setpoint* yang diinginkan dengan waktu tempuh sesuai masukannya dan dapat menjaga suhu tetap pada 80°C.

**Kata Kunci :** *Fuzzy Logic Control, Proportional Integral Control*

#### Abstract

Water temperature control is needed in some factory and in some ways like the water temperature suitable for some types of fish, the water temperature for coffee, the temperature of the bath that fit, even making the milk so that the protein is not broken, and so on. Electric water heaters in General can only heat water, without temperature control. The author will try to make the heater that can control the temperature of the water with a time duration can be set so that it can be interspersed with work on other activities.

In this final project will be designed systems that can regulate temperature, with temperature setpoint 80 ° C which can set the duration of the pemanasannya. Control system used is the merging of the Fuzzy Logic Proportional and Integral Controller. Previous studies have tried to use Fuzzy Logic or control Proportional Integral. The response from the previous system there is still a drawback, for it to be tested using two such control. In this final task microcontroller used as the basic controller is the Arduino Uno. By using the DS18B20 temperature sensor as. The keypad to set the time and will ditampilkan on Liquid Chrystal Display.

Once implemented the Fuzzy Logic Proportional and Integral Controller can achieve the desired setpoint by travel time appropriate input and can keep the temperature is fixed at 80 ° c.

**Keywords :** *Fuzzy Logic Control, Proportional Integral Control*

#### 1. Pendahuluan

Kendali suhu air sangat dibutuhkan di beberapa pabrik dan dalam beberapa hal seperti suhu air yang pas untuk beberapa jenis ikan, suhu air yang pas untuk kopi, suhu yang pas untuk mandi, bahkan pembuatan susu agar proteinnya tidak rusak, dan lain sebagainya. Pemanas air elektrik pada umumnya hanya dapat memanaskan air, tanpa dapat mengendalikan suhunya. Penulis akan mencoba membuat *heater* yang dapat mengendalikan suhu air dengan durasi waktu yang dapat di atur sehingga dapat diselingi dengan mengerjakan kegiatan lainnya.

Perancangan *heater* membutuhkan sistem kendali untuk mengatur agar keluaran sama dengan masukan. Dalam penelitian ini digunakan *Fuzzy Logic* dan *Proportional Integral Controller*. Sebelumnya telah dilakukan penelitian menggunakan masing-masing kontrol tersebut namun masih memiliki respon yang kurang baik, untuk itu pada penelitian ini akan membandingkan dengan penggunaan kedua kontrol sekaligus.

Metode Fuzzy Logic Controller sering disebut juga logika samar. Logika samar merupakan logika yang dapat memberikan kesimpulan pasti dari informasi yang samar. Sedangkan *Proporsional Integral Controller* (PI) merupakan kendali gabungan dari kendali Proporsional dan Integral. Kendali integral berfungsi untuk mengurangi respon kontrol P yang relatif lambat, sementara kontrol P akan tetap merespon meskipun nilai selisihnya kecil. Kedua metode ini digunakan secara bersamaan untuk memperbaiki respon sistem. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat mengatasi permasalahan yang ada.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Sistem Pemanas Air dengan Energi Listrik

Sistem pemanas air umumnya hanya dapat memanaskan air hingga mencapai titik didih air, 100°C, kemudian akan langsung berhenti memanaskan atau *off* tanpa dapat mengatur suhu ataupun waktu pemanasannya. Sistem pemanas air dapat dikendalikan waktu pemanasannya dengan cara memperhitungkan energi listrik yang diterima oleh elemen pemanas air. Diketahui bahwa rumus untuk menghitung energi listrik ialah :

$$W = P \times t \quad (1)$$

Dimana :

W = Energi Listrik (Joule)  
P = Daya (Watt)  
t = Waktu (Second)

Sedangkan untuk menghitung energi panas yang dimiliki suatu zat yang disebut kalor, dapat menggunakan rumus :

$$Q = m \times \text{Cair} \times \Delta T \quad (2)$$

Dimana :

Q = Kalor (Joule)  
m = massa (Kilogram)  
Cair = Kalor jenis air (Joule/kg°C) = 4.200 (Joule/kg°C)  
 $\Delta T$  = Selisih suhu awal dan akhir (°C) = (T2 - T1)°C

Kalor merupakan bentuk energi yang dapat berubah bentuk. Berdasarkan hukum kekekalan energi yang berbunyi “energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan”. Dalam hal ini merubah energi listrik menjadi energi kalor, maka dihasilkan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W &= Q \\ P \times t &= m \times \text{Cair} \times \Delta T \\ t &= \frac{m \times \text{Cair} \times \Delta T}{P} \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa, waktu pemanasan air dapat diatur dengan mengendalikan daya yang masuk pada elemen pemanas. Berikut rumus mencari daya :

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ P &= V^2 \times R \end{aligned} \quad (3)$$

Dimana :

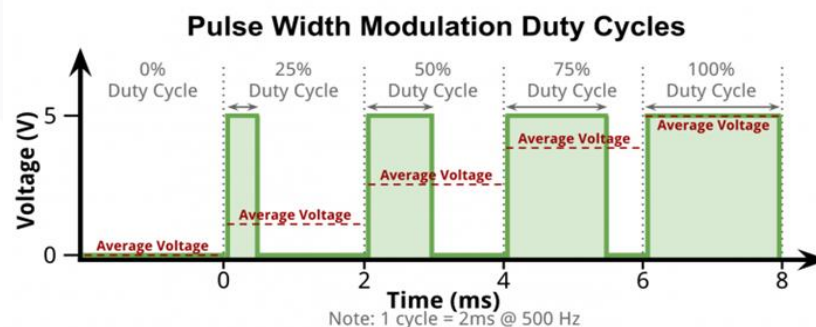
P = daya (Watt)  
V = tegangan (Volt)  
I = arus (Ampere)  
R = hambatan (Ohm)

Elemen pemanas bersifat resistif. Resistif adalah beban yang memiliki sifat murni tahanan, mengkonsumsi daya aktif dan tidak merubah factor daya atau sama dengan satu. Maka untuk mengatur daya sama dengan mengatur tegangan, sedangkan untuk mengatur tegangan dapat menggunakan metode manipulasi yaitu PWM.

### 2.2 PWM

PWM adalah cara memanipulasi keluaran digital sehingga menghasilkan keluaran analog. Mikrokontroller mengatur keluaran digital *high* atau *low*, dimana *high* senilai 5V, dan *low* senilai 0V(gnd). Durasi waktu untuk *high* inilah yang dimaksud *pulse width* atau Panjang pulsa.

*Duty Cycle* merupakan persentasi Panjang pulsa. 0% senilai 0V dan 100% senilai 5V yang artinya dalam satu periode waktu akan hidup. Parameter untuk PWM 0 sampai 255. PWM sebesar 0 berarti *duty cycle* sebesar 0% sedangkan 255 akan bernilai 100%.



Gambar 1. Pulse Width Modulation

**2.3. Fuzzy Logic Control (FLC)**

*Fuzzy Logic Control* merupakan logika samara atau kabur, yang digunakan untuk menjelaskan ketidakjelasan. *Fuzzy* merupakan pengembangan dari logika klasik (logika *crisp*) yang tadinya hanya mempunyai dua nilai yaitu benar atau salah, hitam atau putih. Dikembangkan menjadi logika *fuzzy* yang mempunyai nilai dengan interval [0,1].

Untuk membentuk *fuzzy* terdaot 3 tahapan yaitu :

1. *Fuzzyfication*

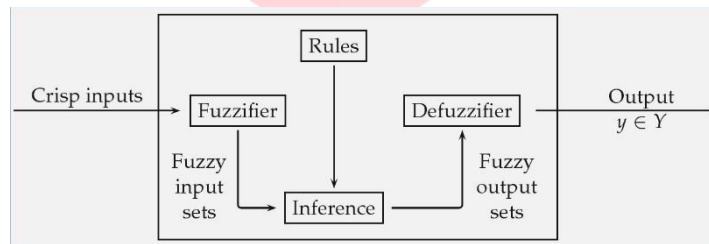
Proses pengubahan suatu masukan berupa nilai *crisp* menjadi *fuzzy* dalam bentuk himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaannya masing-masing.

2. *Inference*

Merupakan tahapan untuk memetakan *input* dan *output* berdasarkan *if-then rule* yang diberikan[2]. Ada dua metode untuk membangun *inference* yaitu mamdani dan sugeno. Metode yang dipakai ialah sugeno. Perbedaan kedua metode tersebut terletak pada fungsi keanggotaan *output*. Fungsi keanggotaan *output* dari metode sugeno bersifat linier atau konstan.

3. *Defuzzification*

Tahap ini kebalikan dari *fuzzifikasi* yaitu mengubah variable *fuzzy* menjadi *crisp* dan akan dikirimkan kesuatu perangkat.



Gambar 2. Blok diagram FLC

**2.4 Proportional Integral Control**

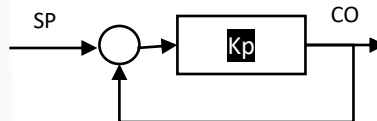
Merupakan perpaduan antara kontrol proporsional dan kontrol integral. Dimana masing-masing memiliki fungsi sebagai berikut :

• Kontrol *Proportional* (P)[6]

Aksi pengendali *proportional* memiliki respon keluaran yang sebanding dengan sinyal kesalahan (*error*) yang dihasilkan, berikut rumus kontrol P :

$$CO(t) = K_p \times e(t) \tag{4}$$

Dimana, respon kontrol P dapat disesuaikan dengan mengalikan *error* terhadap  $K_p$  atau disebut dengan *proportional gain*. Berikut diagram blok kontrol P :



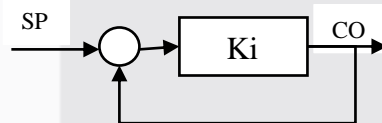
Gambar 3. Blok Diagram Kontrol P

• Kontrol *Integral* (I)[6]

Kontrol *integral* digunakan untuk menghilangkan *offset* pada keadaan tunak. *Offset* biasanya terjadi pada plant yang tidak mempunyai factor integrase(1/s). berikut rumusnya :

$$CO(t) = K_i \int e(t) dt \tag{5}$$

Disamping menghilangkan sinyal kesalahan keadaan tunak (*offset*), ada kemungkinan kontrol *integral* dapat menimbulkan respon berosilasi dengan amplitude yang mengecil secara perlahan atau membesar.



Gambar 4. Blok Diagram Kontrol I

Gabungan dari kedua kontrol ini, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) \tag{6}$$

Keterangan :

$U(t)$  = Keluaran

$K_p$  = Konstanta proporsional

$K_i$  = Konstanta Integral

$e(t)$  = sinyal kesalahan ( $e(t) = \text{referensi} - \text{keluaran plant}$ )

## 2.5 TRIAC

TRIAC adalah perangkat semikonduktor berteminal tiga yang berfungsi sebagai pengendali arus listrik dua arah. Rangkaian TRIAC akan digunakan untuk mengendalikan elemen pemanas atas masukan dari PWM.

## 2.6 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu mengukur jumlah energi panas atau dingin dari suatu objek sehingga memungkinkan kita mengetahui gejala perubahan suhu. Sensor DS18B20 ini memiliki kemampuan tahan air (*waterproof*). DS18B20 menyediakan 9 hingga 12 bit data, dan outputnya merupakan data digital. Range suhu DS18B20 adalah  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $125^{\circ}\text{C}$ . Untuk pembacaan suhu, sensor menggunakan protocol *1 wire communication*. DS18B20 memiliki pin yang terdiri dari +5V, ground, dan data input/output.



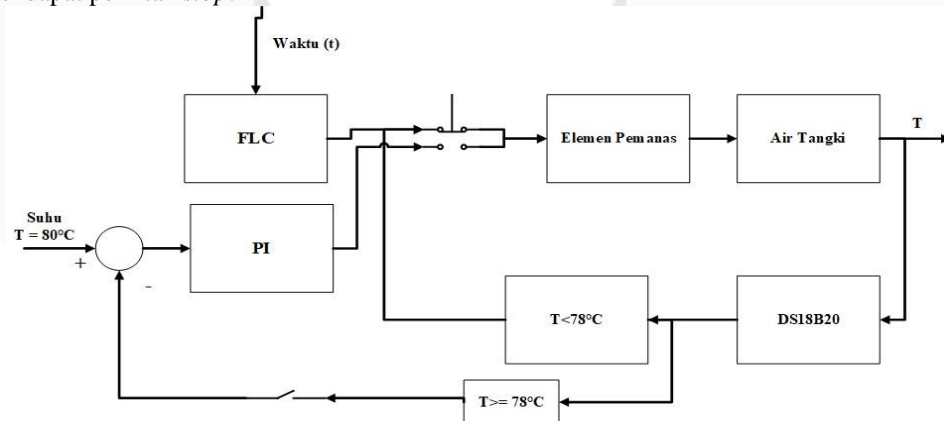
Gambar 5. Sensor DS18B20

## 3. Perancangan Sistem

### 3.1 Desain Umum

Pada tugas akhir ini akan dirancang sebuah *heater* yang dapat mengendalikan suhu dan mengatur lama durasi pemanasan. Suhu sudah ditetapkan mencapai  $80^{\circ}\text{C}$  dan dimulai dari  $27^{\circ}\text{C}$ . Suhu air di bandung berada dibawah  $27^{\circ}\text{C}$ , oleh karna itu penulis menggunakan suhu tersebut sebagai *starter* sehingga apabila suhu air berada dibawah suhu tersebut dapat dipanaskan terlebih dahulu. Kemudian masukan dari sistem ini berupa waktu, dengan menggunakan *keypad* dan akan ditampilkan pada LCD.

Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan metode *Fuzzy logic* dan PI kontroler. Metode *fuzzy logic* digunakan untuk mengendalikan proses dan memutuskan PWM berapa yang akan diberikan untuk memanaskan air berdasarkan masukkan waktu tersebut. Setelah mencapai suhu  $78^{\circ}\text{C}$ , kemudian kontroler akan berpindah atau *switching* ke PI sembari memanaskan air, karena elemen pemanas telah menyimpan panas. PI bertugas untuk memperbaiki *error*, agar mencapai dan tetap stabil di  $80^{\circ}\text{C}$ , begitu seterusnya sampai mendapat perintah *stop*.



Gambar 6. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan blok diagram sistem pada Gambar 6, *setpoint* diatur  $80^{\circ}\text{C}$ , sementara diberi masukan waktu yang akan diproses dalam *fuzzy*. *Fuzzy* mengolah masukan waktu tersebut, dan mengeluarkan PWM untuk

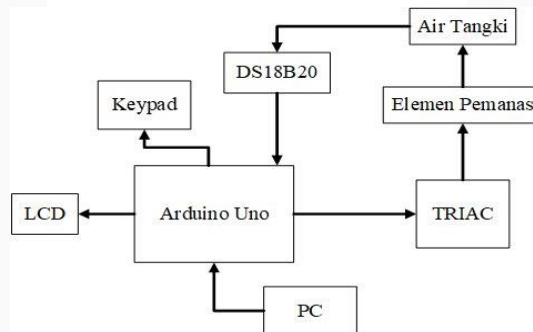
menjalankan elemen pemanas. Selama memanaskan air sensor akan membaca suhu dan akan terus memanaskan suhu dengan besar PWM yang telah dikeluarkan oleh *fuzzy* apabila belum mencapai 78°C. Untuk mengatur keluaran PWM pada *fuzzy* terlebih dahulu dilakukan percobaan untuk mengetahui berapa lama waktu dipakai disetiap nilai PWM tersebut, berikut tabel pengujiannya :

Tabel 1. Pengujian PWM

Waktu (Menit)	PWM								
	255	250	225	200	175	150	125	100	
1	8.48	9.03	9.19	10.54	10.49	13.23	17.07	17.4	
2	9.04	8.21	9.18	8.58	11.22	14.05	17.24	21.36	
3	8.57	8.13	9.02	10.09	12.03	14.02	17.1	21.05	
4	9.32	8.3	9.05	10.15	12.2	14	17.13	20.4	
5	9.32	8.23	9.13	10.02	11.59	13.36	16.5	21.19	
6	9.07	8.47	9.24	9.32	12.01	13.17	16.16	20.29	
7	8.48	8.19	9.03	9.43	12.1	14.03	17.13	20.32	
8	9.08	8.2	8.52	9.45	12	14.18	16.14	20.39	
9	9.13	8.29	9.03	9.38	11.4	14.08	17.1	21.25	
10	8.34	8.25	8.46	9.59	11.52	13.57	17.03	20.52	
<b>TOTAL</b>	88.83	83.3	89.9	96.55	116.6	137.7	168.6	204.2	
<b>Rata-rata</b>	8.883	8.33	8.99	9.655	11.66	13.77	16.86	20.42	

### 3.2 Perancangan Perangkat Keras

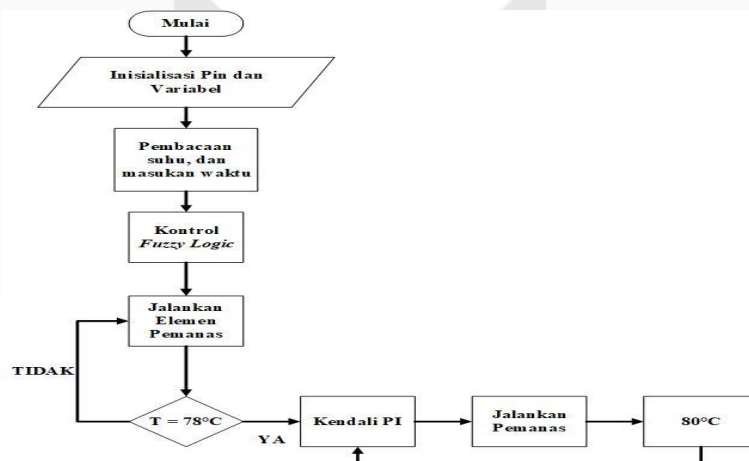
Berikut komponen yang digunakan pada tugas akhir ini:



Gambar 7. Desain Perangkat Keras

### 3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Berikut Flowchart Sistem pada tugas akhir ini :



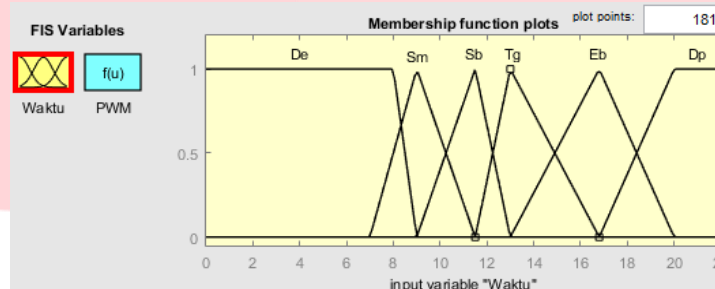
Gambar 8. Flowchart Sistem

**3.3.1 Perancangan Fuzzy Logic Control**

Masukan *fuzzy* berupa waktu, kemudian *fuzzy* akan mengolah nilai tersebut sehingga mengeluarkan nilai PWM yang tepat. Adapun tahapannya berupa:

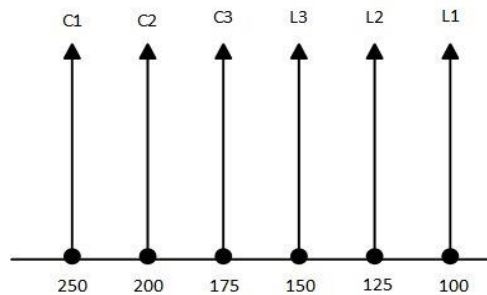
a. Fuzzifikasi

Ada 6 membership function yang dirancang pada tugas akhir ini, yaitu:



Gambar 9. Membership function

Pada gambar 9 diatas dapat dilihat membership functionnya, kemudian akan dipetakan dengan *output*, yaitu:



Gambar 10. Output Fuzzy berupa PWM

b. Inference

Adapun rules yang telah dirancang sebagai berikut :

Tabel 2. Rules Fuzzy Logic

Waktu (Menit)	PWM
8	C1
9	C2
11.5	C3
13	L3
16.8	L2
20	L1

c. Defuzzifikasi

Tahap ini akan mengkonversi dari himpunan *fuzzy* menjadi nilai *crisp*. Keluaran dari *fuzzy* berupa nilai PWM.

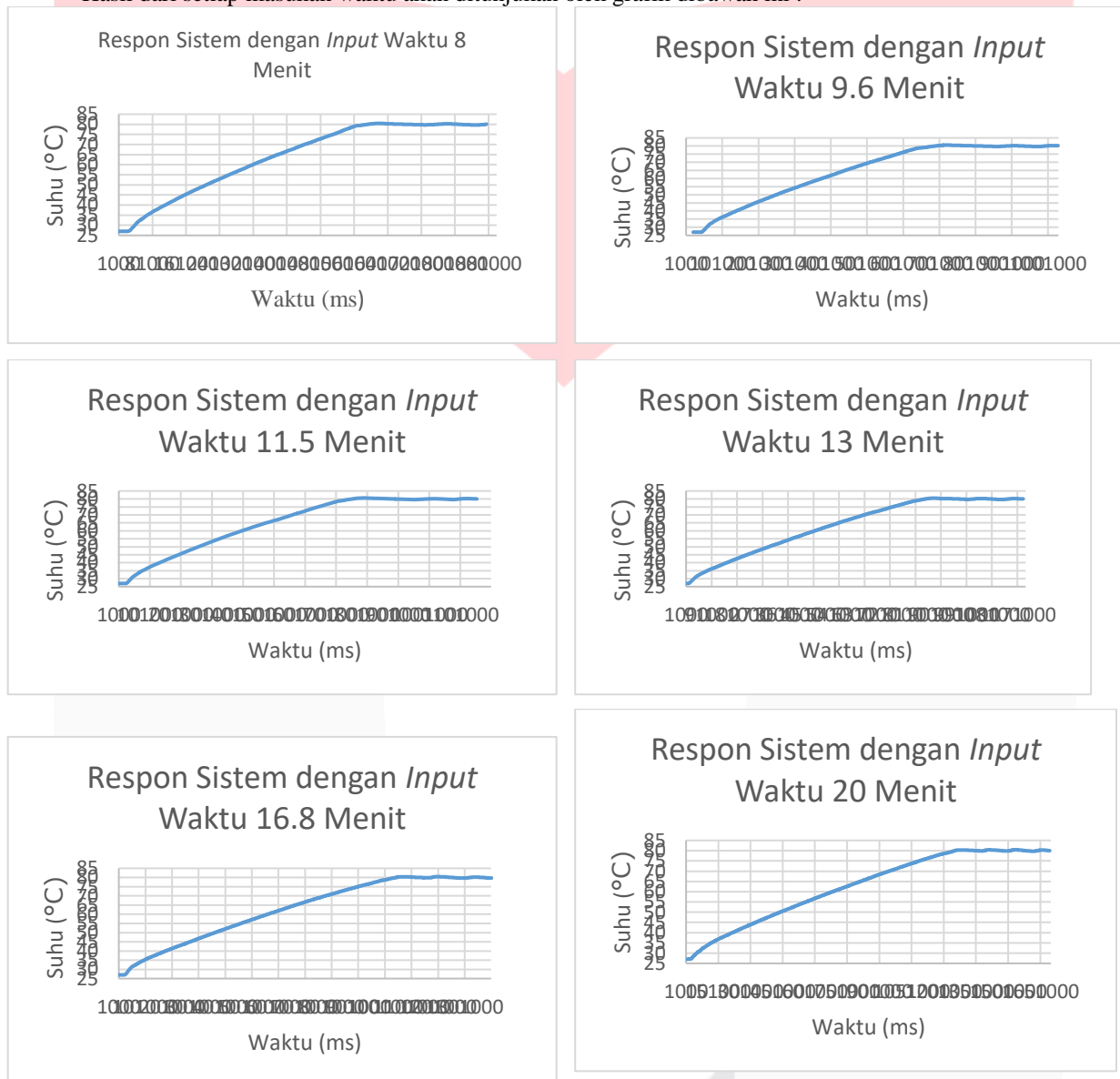
**3.4 Perancangan PI Control**

Setelah suhu air mencapai 78°C kontrol akan berpindah ke PI. PI akan menghitung *error* kemudian mengolah sehingga menghasilkan PWM. Kontrol PI dirancang agar suhu mencapai *setpoint* yang telah ditetapkan yaitu 80°C dan menjaga agar suhu air tetap stabil. Apabila suhu belum mencapai 80°C maka PI akan menjalankan elemen pemanas sesuai dengan PWM yang telah di olah, sedangkan jika suhu telah melebihi 80°C maka elemen pemanas otomatis berhenti akan tetapi nilai PWM tidak langsung bernilai nol (0) melainkan perlahan menurun karna *error* bernilai positif. Pada perancangan PI ini menggunakan nilai  $K_p= 20$ , sedangkan  $K_i=1.5$ .



#### 4. Analisis

Hasil dari setiap masukan waktu akan ditunjukkan oleh grafik dibawah ini :



Gambar 11. Hasil Kerja Sistem dengan macam *Input*

Dapat dilihat pada Gambar 11, bahwa sistem telah bekerja dengan baik. Suhu juga terjaga pada *Setpoint* 80°C dengan adanya kontrol PI. Akan tetapi masih terdapat error pada setiap *input*, error rata-rata ialah 1,5 menit.

#### 5. Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang dapat diambil pada tugas akhir ini :

- Waktu pemanasan air dapat dikendalikan dengan mengatur tegangan menggunakan PWM, walaupun masih terdapat rata-rata error  $\pm 1,29$  menit dari waktu referensi untuk mencapai *setpoint*.
- Fuzzy Logic Control* dan *Proportional Integral Control* dapat diterapkan sekaligus. Dimana FLC akan menerima masukan waktu pemanasan, dan kontrol PI akan menstabilkan agar tetap terjaga di *setpoint*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Penerapan *Fuzzy Logic* Pada Sistem Pengaturan Jumlah Air berdasarkan suhu dan kelembaban.2005. Sofwan, A.
- [2] Fransiska, Aknes Saragih.2017. Sistem Kendali Mixer Otomatis di Industri Makanan.
- [3] Ten Kun, "Pengertian Simbol, Kurva, dan Prinsip Kerja TRIAC", Available : <http://ten10kuntoro.blogspot.co.id/2015/03/padakeempatan-kali-ini-saya-ingin.html> [Diakses 5 Mei 2018]
- [4] Anonim, "Fungsi Keanggotaan Fuzzy Logic", Available : <http://logikafuzzy-kelompok1.blogspot.com/2015/09/fungsi-keanggotaan.html> [Diakses 26 Juni 2018].
- [5] Suloso, Hari. 2015. Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula. Trenggaleng: [www.elangsakti.com](http://www.elangsakti.com)
- [6] Bhakti Yudho S1\*, Hera Hikmarika1, Suci Dwijayanti1, Purwanto1.2013.Aplikasi Perbandingan Pengendali P, PI, dan PID Pada Proses Pengendalian Suhu Pada Sistem Mini Boiler. Jurnal Amplifier.Vol3.
- [7] Anonim, "DS18B20 Datasheet", Available : <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html> [Diakses 28 Juni 2018]