

## PERANCANGAN SISTEM KONTROL KEBUTUHAN AIR BOILER PADA PEMBANGKIT TENAGA SAMPAH

### DESIGN CONTROL SYSTEM OF BOILER WATER NEEDS ON WASTE POWER PLANT

Rizal Murdi Saputro<sup>1</sup>, Ir. Porman Pangaribuan, M.T.<sup>2</sup>, Tri Ayodha Ajiwiguna, S.T., M.Eng.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

<sup>1</sup>[rizalmurdisaputro@gmail.com](mailto:rizalmurdisaputro@gmail.com), <sup>2</sup>[porpangrib@telkomuniversity.ac.id](mailto:porpangrib@telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup>

[triayodhaajiwiguna@telkomuniversity.ac.id](mailto:triayodhaajiwiguna@telkomuniversity.ac.id)

---

#### Abstrak

Proses pengolahan sampah di Desa Lengkon pada saat ini masih menggunakan metode pengolahan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Lahan TPA semakin sedikit dan tak sedikit TPA yang ada akan ditutup sehingga membutuhkan proses pengolahan sampah dengan metode lain salah satunya dengan cara pengolahan sampah ditempat dengan pembakaran. Incinerator adalah alat pembakaran sampah dengan suhu tertentu biasanya dengan suhu diantara 600-1200°C sehingga dapat mengurangi volume awal sampah. Gas buang hasil pembakaran incinerator harus sudah lulus uji emisi gas buang sehingga aman bagi lingkungan sekitar. Dengan pembakaran sampah menggunakan kalor yang cukup tinggi, incinerator diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai penghasil uap air dengan cara memanaskan air didalam boiler dan hasil uap airnya akan dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga sampah.

Pada tugas akhir ini, dibuat sistem kontrol ketinggian air pada boiler. Sistem ini akan dilengkapi dengan pompa air DC yang dapat dikontrol PWMnya dengan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) karena pengontrolan ini tidak menggunakan perhitungan matematis dan menggunakan bahasa manusia untuk pendefinisian kondisi yang ada sehingga lebih praktis. Jika incinerator dapat dimanfaatkan sebagai penghasil uap air selain sebagai pembakar sampah untuk mengurangi volume sampah maka hasil dari uap air dapat digunakan untuk kebutuhan pembangkit tenaga sampah.

Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi *Fuzzy Logic Controller* pada sistem kontrol ketinggian air, sistem pada tugas akhir ini dapat menuju *setpoint* ketinggian air yang diinginkan dan mampu beradaptasi jika diberikan gangguan pembacaan sensor. Dari ketinggian awal air untuk menuju ketinggian air yang diinginkan yaitu 15 cm dengan *settling time* 617 detik. Selain itu, uap air yang dihasilkan pada tugas akhir ini  $\pm 2,5$  bar.

**Kata Kunci :** Sampah, Incinerator, Uap Air, Sistem Kendali, Fuzzy Logic

---

#### Abstract

*The waste treatment process at Lengkon Village is currently still using waste treatment methods in the Final Disposal Site. Landfill is getting less and not a few landfills will be closed so that it needs a waste treatment process with other methods, one of them is by processing waste in place with burning. Incinerator is a waste burning device with a certain temperature usually with a temperature between 600-1200°C so that it can reduce the initial volume of waste. Exhaust gas from the incinerator combustion must have passed the exhaust emission test so that it is safe for the surrounding environment. By burning waste using heat that is high enough, the incinerator is expected to be used as a producer of water vapor by heating water in the boiler and the results of water vapor will be used for waste power plants.*

*In this final project, a water level control system in the boiler is made. This system will be equipped with a DC water pump that can be controlled by PWM with Fuzzy Logic Controller (FLC) because this control does not use mathematical calculations and uses human language to define existing conditions so that it is more practical. If the incinerator can be used as a producer of water vapor other than as a waste burner to reduce the volume of waste, the yield of water vapor can be used for the needs of a waste power plant.*

*Based on the results of the design and implementation of Fuzzy Logic Controller on the water level control system, the system in this final project can go to the desired water level setpoint and be able to adapt if the sensor readings are disturbed. From the initial height of the water to reach the desired water level of 15 cm with a settling time of 617 seconds. In addition, water vapor produced in this final project is  $\pm 2.5$  bar.*

**Keywords:** Trash, Incinerator, Water Vapor, Full System, Fuzzy Logic

---

## 1. Pendahuluan

Sekarang ini, sampah sudah menjadi permasalahan yang sangat mengakar di Indonesia ditambah semakin sedikit lahan yang dipergunakan sebagai Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Proses pengolahan sampah di Desa Lengkong masih menggunakan jasa angkut sampah untuk dibuang ke TPA dengan biaya yang tidak sedikit setiap bulannya. *Incinerator* adalah alat pembakaran sampah dengan suhu tertentu biasanya dengan suhu diantara 600-1200° C sehingga dapat mengurangi lebih dari setengah volume awal sampah dan dapat memproses semua jenis sampah kecuali sampah bahan beracun berbahaya (B3) dan kaca. Dengan suhu pembakaran yang cukup tinggi *incineartor* dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan *boiler*. Ketinggian air pada *boiler* perlu diatur agar tidak terlalu sedikit dan terlalu banyak sehingga penghasilan uap air lebih maksimal. Untuk mengatur ketinggian air yang akan dipanaskan pada *boiler*, maka diperlukan sistem pengontrolan ketinggian air dengan mengontrol kecepatan pompa air. Pada perancangan sistem pengontrolan ketinggian air *range setpoint* berasal dari level ketinggian air di *boiler*, saat hasil pembacaan sensor kurang dari *range setpoint* maka pompa air akan hidup dengan kecepatan yang sudah ditentukan berdasarkan hasil pembacaan sensor. Kecepatan pompa air berdasarkan *range setpoint* dan hasil pembacaan sensor ketinggian air pada *boiler*. Pengontrolan kecepatan pompa air DC dengan PWM pada *boiler* dipilih menggunakan metode *fuzzy logic* karena pengontrolan ini tidak menggunakan perhitungan matematis dan menggunakan bahasa manusia untuk pendefinisian kondisi yang ada. Pengontrolan dengan metode ini pun tidak hanya berupa “on” atau “off” akan tetapi bisa diantaranya.

## 2. Dasar Teori dan Perancangan

### 2.1 Incinerator

*Incinerator* adalah alat yang berupa tungku pembakaran untuk mengolah limbah padat, yang mengkonversi materi padat (sampah) menjadi materi gas, dan abu, (*bottom ash dan fly ash*). Insinerasi merupakan proses pengolahan limbah padat dengan cara pembakaran pada temperatur lebih dari 800°C untuk mereduksi sampah mudah terbakar (*combustible*) yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi, membunuh bakteri, virus, dan kimia toksik.

*Incinerator* terdiri dari 2 tipe berdasarkan metode pembakarannya yaitu, tipe *kontinyu* dan tipe *batch*. Pada *incinerator* tipe *kontinyu* sampah dimasukan secara terus menerus dan bergerak secara *kontinyu* dengan melewati proses pembakaran dan pembuangan sisa hasil pembakaran. Sedangkan tipe *bacth*, sampah dimasukkan sampai mencapai kapasitas ruang bakar dari *incinerator* dan akan mengalami proses pembakaran hingga didapat sisa hasil pembakaran dalam satuan waktu.

### 2.2 Heat Exchanger

*Heat exchanger* (Alat penukar panas) adalah alat yang berfungsi untuk mengakomodasikan perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin dengan adanya perbedaan temperatur, karena panas yang dipertukarkan terjadi dalam suatu sistem maka kehilangan panas dari suatu benda akan sama dengan panas yang diterima benda lain.

### 2.3 Sensor Level Air

Sensor level air yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor ultrasonik HCSR04 seperti yang terlihat pada Gambar 2. Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya. Sensor ini menghasilkan gelombang suara pada frekuensi tinggi yang kemudian dipancarkan oleh pin trigger. Pantulan gelombang suara (*echo*) yang mengenai benda di depannya akan ditangkap oleh pin *echo*. Jarak benda yang ada di depan modul sensor tersebut didapatkan dengan cara mengetahui lama waktu antara dipancarkannya gelombang suara oleh transmitter sampai ditangkap kembali oleh receiver. Sensor ultrasonik frekuensi kerjanya pada daerah di atas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz.

### 2.4 Pompa Air

Pompa Air DC merupakan jenis pompa yang menggunakan motor dc dan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor, sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.

### 2.5 Driver Motor

Driver motor adalah sebuah alat yang dapat digunakan untuk mengontrol kecepatan motor DC. Fungsi dari alat ini adalah untuk mengendalikan kecepatan motor DC dengan teknik modulasi lebar pulsa atau Pulse Wide Modulation (PWM). PWM sebagai catu daya motor DC yang kemudian disalurkan ke motor DC sebagai objek yang dikendalikan.

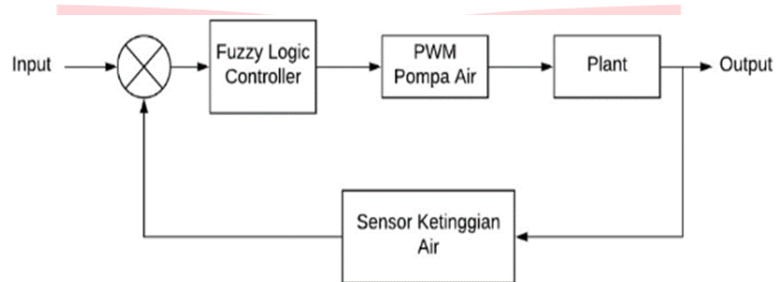
**2.6 Sistem Kendali**

Sistem kendali merupakan kumpulan alat yang digunakan untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur kondisi suatu sistem. Sistem kendali dapat dilakukan secara manual dan otomatis. Contoh sistem kendali manual yaitu pada saat menyetir mobil, sedangkan sistem kendali otomatis contohnya pada AC (alat pendingin). Pada dasarnya ada 2 macam sistem kendali yaitu sistem kontrol sekuensial/logika dan sistem kontrol liner. Ada juga penggabungan keduanya yaitu sistem kendali berbasis logika-samar (Fuzzy Logic). Pada tugas akhir ini akan menggunakan metode kendali fuzzy logic.

**2.7 Logika Fuzzy**

Logika fuzzy adalah cara memetakan ruang input dan ruang output. Logika fuzzy diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh. Menurut Prof.Lotfi pemanfaatan logika fuzzy akan mempercepat dan mempermudah hasil dalam setiap kasus. Himpunan logika fuzzy mempunyai fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan trapezium. Terdapat tiga proses dalam metode fuzzy logic ini, yaitu fuzzyfication, fuzzy inference, dan defuzzyfication.

**2.8 Perancangan Sistem**

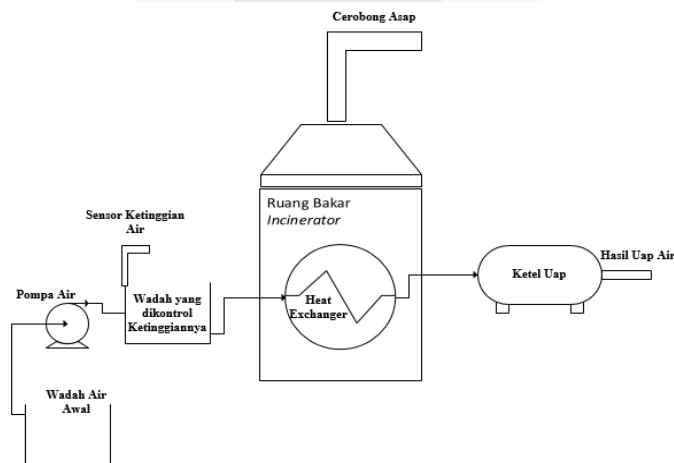


Gambar 1 Diagram Blok Sistem

**2.8.1 Perancangan Perangkat Keras**



Gambar 2 Rancangan Perangkat Elektronika



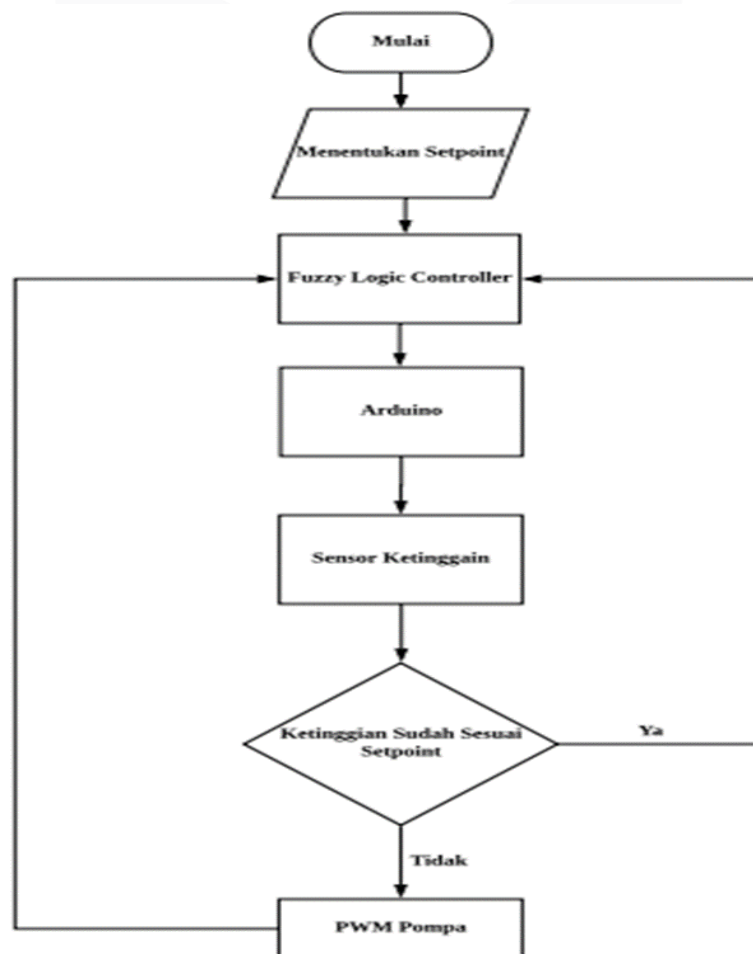
Gambar 3 Rancangan Perangkat Keras



Gambar 4 Alat Yang Digunakan

### 2.8.2 Perancangan Perangkat Lunak

Pada gambar diagram alir (*Flowchart*), yang menunjukkan sistem kerja perangkat lunak pada sistem pengontrolan ketinggian air masukan boiler. Sistem pengontrolan yang akan dibuat adalah sistem pengontrolan secara otomatis menggunakan metode *Fuzzy Logic Controller* (FLC) dengan *feedback* dari sensor ketinggian air. Prinsip kerjanya adalah setelah *start*, sistem akan menganalisis data. Data yang dianalisis oleh sistem adalah *input* dan *output*. Kemudian sensor ketinggian air akan membaca ketinggian air pada bak penampungan air yang terhubung dengan *heat exchanger* dan data hasil pembacaan diolah oleh Arduino UNO. Ketika sistem berjalan, akan terdapat nilai *error* dan *delta error*. Saat nilai *error* dan *delta error* sudah didapat maka proses *Fuzzy Logic Controller* akan bekerja dan akan memproses *output* sistem yang berupa besarnya PWM dan memerintahkan pompa air dc untuk mengisi air pada saat hasil pembacaan sensor dibawah *setpoint*. *Range setpoint* pada sistem telah ditentukan dari awal.



Gambar 5 Flowchart Sistem

### 3. Pengujian dan Analisis

#### 3.1 Pengujian Sensor Level Air

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Level Air

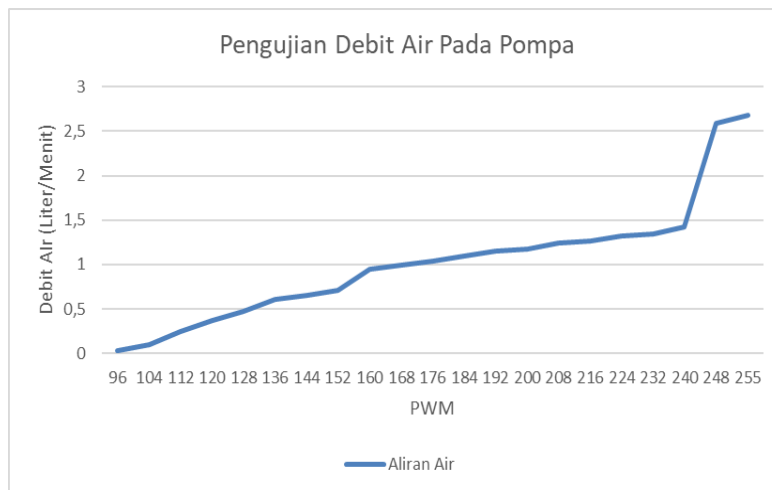
No	Hasil Ukur Penggaris	Hasil Baca Sensor
1	2 Cm	2,75 Cm
2	4 Cm	4,23 Cm
3	6 Cm	6,34 Cm
4	8 Cm	7,96 Cm
5	10 Cm	10,09 Cm
6	12 Cm	11,68 Cm
7	14 Cm	14,23 Cm
8	16 Cm	16,03 Cm
9	18 Cm	18,26 Cm
10	20 Cm	20,03 Cm

Sensor ultrasonik sudah dapat membaca ketinggian dengan baik (tidak lebih dari  $\pm 3$  cm), hasil pembacaan sensor ketinggian air yang memiliki *error* relatif kecil  $\pm 1$  cm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor ultrasonik sudah dapat mengukur dan membaca ketinggian air dengan baik.

#### 3.2 Pengujian Debit Keluaran Air

Tabel 2 Hasil Pengujian Debit Keluaran Air

No	PWM	Waktu (menit)	Flow (Liter/menit)
1	96	44,5	0,034
2	112	6,15	0,244
3	144	2,28	0,658
4	160	1,59	0,943
5	176	1,44	1,042
6	184	1,37	1,095
7	208	1,21	1,24
8	232	1,12	1,34
9	240	1,06	1,42
10	255	0,56	2,68



Gambar 6 Grafik Pengujian Debit Air

Pompa air DC mulai memompa air saat nilai PWM 96. Semakin bertambahnya nilai PWM yang diberikan, maka kecepatan putar dan aliran air yang dipompa semakin besar. Jadi, PWM, kecepatan putar pompa dan kecepatan air yang dipompa berbanding lurus.

### 3.3 Analisis Nilai Keluaran Antara Matlab dengan Arduino Uno

Tabel 3 Hasil Pengujian Perbandingan Nilai Keluaran Matlab dan Arduino

No	Error	Delta Error	Output Arduino	Output Matlab
1	11,89	-0,27	177,26	178
2	11,32	-0,57	171,84	173
3	11,79	0,46	182,05	180
4	11,94	0,15	180,78	180
5	10,93	-1,01	166,78	169
6	11,27	0,34	178,09	177
7	11,53	0,26	179,02	178
8	10,57	-0,96	165,03	167
9	10,88	0,31	175,44	174
10	11,27	0,40	178,47	177
11	10,62	-0,65	167,15	168
12	10,52	-0,10	170,03	170
13	10,53	0,02	170,97	171
14	11,13	0,60	179,15	177
15	10,22	-0,91	163,35	165

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, nilai *output* (PWM) yang didapatkan menunjukkan nilai *output* yang hampir sama antara Matlab dengan Arduino. Dari pengujian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa *Fuzzy Logic Controller* pada sistem pengontrolan ketinggian air sudah berjalan dengan baik.

### 3.4 Pengujian dan Analisis Sistem

#### 1. Perubahan Nilai *Setpoint*

Tabel 6 Hasil Pengujian Nilai *Setpoint*

No	Nilai <i>Setpoint</i>	<i>Settling Time</i>
1	<i>Setpoint 1</i> [15]	617 detik
2	<i>Setpoint 2</i> [5]	365 detik
3	<i>Setpoint 3</i> [10]	531 detik

Dari hasil pengujian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem sudah dapat mengikuti atau menuju *setpoint* yang telah ditentukan jadi sistem pada tugas akhir sudah berjalan dengan baik.

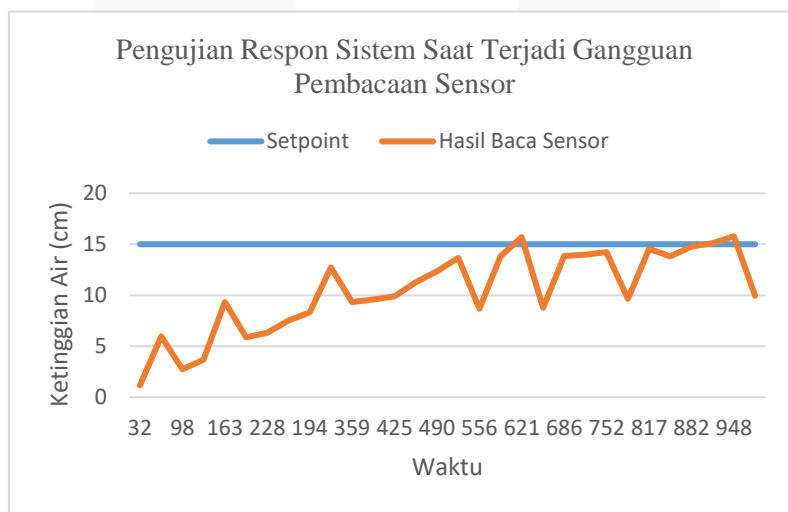
2. Perubahan Nilai *Output*

Tabel 7 Hasil Pengujian Nilai *Output*

No	Nilai <i>Output</i>	<i>Settling Time</i>
1	<i>Output 1</i> [-55 105 255]	617 detik
2	<i>Output 2</i> [0 105 255]	552 detik
3	<i>Output 3</i> [-55 105 200]	756 detik

Jadi, apabila nilai *output* diperkecil maka nilai *settling time* lebih lama.

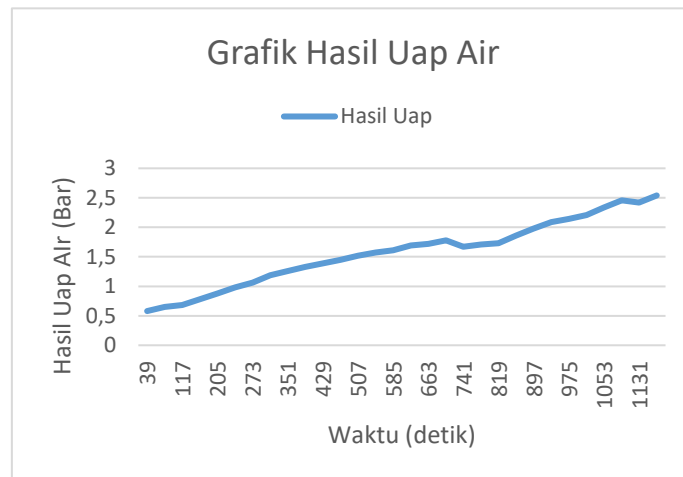
3.5 Pengujian dan Analisis Sistem Saat Terjadi Gangguan Pembacaan Sensor



Gambar 7 Grafik Hasil Pengujian Respon Sistem Saat Terjadi Gangguan

Berdasarkan hasil dari pengujian respon sistem saat terjadi gangguan dapat disimpulkan bahwa semakin banyak terjadi gangguan sistem akan semakin lama untuk menuju *setpoint* yang diinginkan.

### 3.5 Pengujian dan Analisis Sistem Saat Terjadi Gangguan Pembacaan Sensor



Gambar 8 Grafik Hasil Uap Air

Berdasar pengujian dan analisis hasil uap air yang dilakukan, alat ini dapat menghasilkan uap air sampai  $\pm 2,5$  bar. Tekanan uap air yang dihasilkan kurang maksimal karena adanya tekanan balik dari ketel uap ke wadah penampungan air.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Debit air yang dipompa oleh pompa air dc berbanding lurus dengan nilai PWM. Pompa air dc baru mulai memompa air saat nilai PWM 96.
2. Perbandingan nilai keluaran simulasi pada matlab dengan arduino memiliki selisih nilai yang cukup kecil yaitu  $\pm 3$  PWM.
3. Sistem dapat menuju setpoint walau nilai *setpoint* dirubah – rubah. Pada saat nilai *output* diperkecil maka nilai *settling time* semakin besar.
4. Saat sistem mendapat gangguan maka sistem akan membutuhkan waktu semakin lama untuk menuju *setpoint*.
5. Uap air yang dihasilkan dengan memanfaatkan kalor dari pembakaran *incinerator* sebesar 2,5 bar. Hasil uap kurang maksimal karena adanya tekanan balik dari heat exchanger ke bak penampungan air.
6. Berdasarkan beberapa pengujian sistem *Fuzzy Logic Controller* (FLC) pada pengontrolan ketinggian air suplai boiler sudah berjalan dengan baik.

#### Daftar Pustaka :

- [1] I. T. Firdaus, Fachnur, Abduh, Syamsir, "Perancangan Sistem Otomasi Tekanan Uap, Suhu, dan Level Air Pada Distilasi Air dan Uap Menggunakan Mikrokontroler," JETri, Vol 14, No 1, p. 75 - 88, 2016.
- [2] Aqsha. Biyan, "Realisasi Pembangkit Listrik Mini Tenaga Sampah," Universitas Telkom, Vol.2, No.2 Agustus 2015.
- [3] Gani. Fadlan Nuran, "Pulse Widht Modulation(PWM)," 7 November 2012. [Online]. Available : <http://robotic-electric.blogspot.com/2012/11/pulse-width-modulation-pwm.html>, [Diakses 5 Juli 2018, 20.31]
- [4] Yuwono. Tito, Mughni. Dalyono, Budioko. Totok, " Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Dan Ketinggian Air Untuk Pemijahan Ikan Dengan Menggunakan Logika Fuzzy," UNSRAT, Vol. 4, No. 2, September 2015
- [5] Edwar. Yazid, "Penerapan Kendali Cerdas Pada Sistem Tangki Air Menggunakan Logika Fuzzy," Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia, Vol. 9 No. 2, 2009.
- [6] Pardomuan. Andre, Triwiyatno. Aris, Setiyono. Budi, "Perancangan Kontroler Selt Tuning Fuzzy PI Untuk Pengendalian Ketinggian Air Dan Temperatur Uap Pada Steam Drum Boiler," TRANSIENT, Vol. 6, No. 1, 2017.
- [7] IR. M. J. Djokosetyardjo, "Ketel Uap," Pradnya Paramita, ISBN 9794081213, 2003.
- [8] Kusumadewi. Sri, Purnomo. Hari, "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan," Ghaha Ilmu, ISBN 9789797566326, 2010.