

## PERANCANGAN SISTEM KENDALI SUHU, *DISSOLVED OXYGEN*, *TOTAL DISSOLVED SOLID* AIR SERTA PAKAN IKAN PADA BUDIDAYA AQUAPONIC IKAN NILA

Surya Novanto<sup>1\*)</sup>, Enda Wista Sinuraya, S.T., M.T.<sup>2</sup> dan M. Arfan, S.Kom., M.Eng.<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedharto, S.H., Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: [suryanovanto@students.undip.ac.id](mailto:suryanovanto@students.undip.ac.id)

### Abstrak

Keterbatasan lahan masyarakat menjadi suatu masalah baru untuk melakukan budidaya. Berdasarkan permasalahan tersebut, dibutuhkan pertanian yang terintegrasi serta dapat dilakukan dengan lahan yang terbatas seperti metode Smart Integrated Aquaponic. Salah satu ikan yang dapat dibudidayakan adalah ikan nila. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan budidaya ikan nila aquaponic yang optimal. Pertumbuhan ikan nila bergantung pada parameter kualitas air berupa suhu, *dissolved oxygen* (DO), *total dissolved solid* (TDS) serta pakan ikan. Oleh karena itu dibutuhkan sistem pengendalian dan monitoring parameter budidaya tersebut. Hasil dari penelitian ini berupa sistem pengendalian dan monitoring kualitas air dan pakan ikan budidaya ikan nila *aquaponic*. Pada pengendalian suhu, sistem berhasil mengendalikan suhu sesuai setpoint 28 °C yang telah ditetapkan menggunakan kendali PID. Pada sistem kendali *dissolved oxygen*, sistem berhasil mengendalikan nilai DO pada *setpoint* 5 mg/l dengan kendali *on-off*. Pada sistem kendali *total dissolved solid*, sistem berhasil mengendalikan nilai TDS pada setpoint 850 ppm dengan kendali *on-off*. Sistem *feeder* berhasil melakukan feeding pada pukul 7.30 dan 17.30. Parameter kualitas air pada kolam dapat dimonitoring melalui aplikasi Blynk dan LCD. Pada pengujian kualitas budidaya ikan nila *aquaponic*, didapatkan nilai H=26.6gr, RG=22,18%, FCR=1,57, EP=113,09%, dan SR=85,7%.

*Kata kunci: PID, suhu, DO, TDS, feeder.*

### Abstract

Limited community land becomes a new problem for cultivating. Based on these problems, integrated agriculture is needed such as the Smart Integrated Aquaponic method. One of the fish that can be cultivated is tilapia. This research aims to obtain optimal aquaponic tilapia cultivation. Tilapia growth depends on water quality parameters including temperature, dissolved oxygen (DO), total dissolved solid (TDS) and fish feeding. Therefore, a system for controlling and monitoring the cultivation parameters is needed. The results of this study are control and monitoring system for water quality and the quality of aquaponic tilapia culture. On temperature control, the PID control system has succeeded in achieving temperature value according to the setpoint 28 °C. On the DO control, on-off control system succeeded in controlling the DO value at setpoint of 5 mg/l. On the TDS control, on-off control system succeeded in achieving the TDS value at a setpoint of 850 ppm. The feeder system successfully fed everyday at 7.30 and 17.30. Water quality parameters in the pond can be monitored through the Blynk applications and LCD. In testing the quality of nila aquaponic culture, the values of H=26.6gr, RG=22.18%, FCR=1.57, EP=113.09%, and SR=85.7% were obtained.

*Keyword: PID, temperature, DO, TDS, feeder.*

### 1. Pendahuluan

Ketahanan pangan merupakan salah satu kondisi serta indikator penting bagi suatu negara yang dapat memengaruhi kecukupan kebutuhan pangan pada masyarakat. Hal ini dikarenakan laju pertumbuhan penduduk yang meningkat setiap tahun sehingga mengakibatkan kenaikan kebutuhan atau konsumsi pangan

masyarakat. Indonesia mengalami penurunan skor ketahanan pangan selama beberapa tahun kebelakang. Hal ini menyebabkan turunnya peringkat ketahanan pangan Indonesia dari peringkat 62 menjadi 69 dengan diapit oleh Honduras dan Afrika Selatan pada tahun 2021[1].

Ketahanan pangan di Indonesia terdiri dari beberapa sub sistem, antara lain; penyediaan jenis dan jumlah pangan

yang cukup bagi seluruh masyarakat, pemenuhan kecukupan gizi yang seimbang pada konsumsi pangan setiap individu, pemerataan dan kelancaran distribusi pangan, serta taraf gizi masyarakat[2].

Permasalahan ketahanan pangan telah menjadi salah satu perhatian pemerintah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut pemerintah membuat program *food estate*, yang mana program ini merupakan salah satu program strategis pembangunan pertanian nasional. Program ini mendukung adanya pemberdayaan pertanian dalam skala kecil (*small farming*). Akan tetapi permasalahan yang timbul adalah terbatasnya lahan masyarakat untuk melakukan budidaya tanaman sayuran dan ikan terkhususnya di daerah perkotaan. Berdasarkan permasalahan tersebut, dibutuhkan pertanian yang terintegrasi serta dapat dilakukan pada tempat dengan lahan terbatas seperti metode *aquaponic*.

*Aquaponic* merupakan penggabungan antara budidaya ikan dengan hidroponik. Budidaya ini merupakan salah satu metode yang hemat lahan dan air dalam pelaksanaannya. Oleh karena itu, *aquaponic* dapat dijadikan sebagai model perikanan terkhususnya di wilayah perkotaan[3]. Pada budidaya *aquaponic*, tanaman hidroponik mendapatkan nutrient berupa bakteri nitrit yang dihasilkan dari kotoran ikan yang tersirkulasi dengan air. Penyerapan kadar nitrit pada air oleh tanaman dapat mengurangi zat beracun yang dapat membahayakan ikan. Kondisi ini membentuk simbiosis mutualisme antara ikan dan tanaman.

Salah satu jenis ikan yang dapat dibudidayakan dengan metode *aquaponic* adalah ikan nila. Ikan ini memiliki banyak manfaat serta kandungan gizi seperti; protein, asam folat dan vitamin B12 yang baik untuk kesehatan tubuh. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) tahun 2020, total produksi ikan nila pada tahun 2015 mencapai 1.084.281 ton. Pada tahun 2016 total produksi ikan nila mencapai 1.114.156,31 ton, lalu mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada tahun 2017 dengan total produksi 1.288.735 ton[4].

Capaian produksi dan nilai ekonomi yang dihasilkan oleh budidaya ikan nila berkontribusi cukup besar pada tingkat nasional. Selain itu ikan nila juga memiliki daya saing yang tinggi di pasar ekspor.

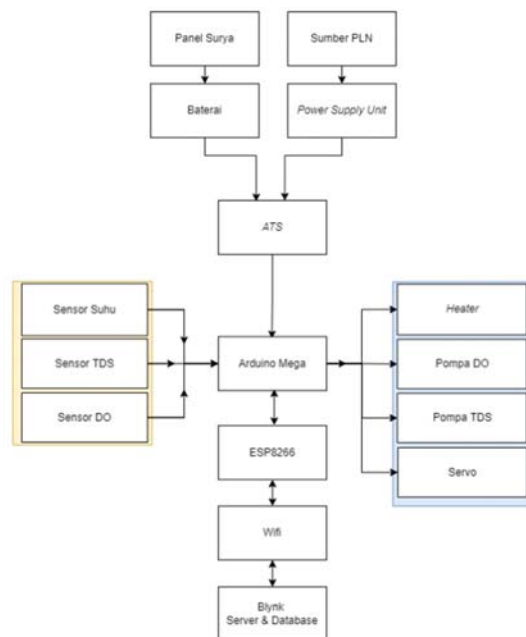
Budidaya *aquaponic* ikan nila bergantung pada sistem pengendalian kualitas air yakni suhu, *dissolved oxygen*(DO), dan *total dissolved solid* (TDS) serta pemberian pakan ikan untuk menghasilkan budidaya yang optimal. Keterbatasan penginderaan oleh manusia dalam mengendalikan parameter kualitas air budidaya *aquaponic* secara konvensional dapat menyebabkan kurang optimalnya hasil budidaya *aquaponic*. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengendalian dan monitoring suhu, DO, TDS serta pemberian pakan ikan secara otomatis. Dengan adanya sistem kendali dan *monitoring* berbasis IoT, parameter kualitas air budidaya *aquaponic* dapat terjaga serta membantu meningkatkan kualitas produksi ikan yang

lebih baik.

## 2. Metode

### 2.1 Perancangan Sistem

Perancangan ini bertujuan untuk menghasilkan suatu sistem terpadu yang dapat melakukan pengendalian parameter kualitas air pada kolam ikan nila *Aquaponic* berupa suhu, kadar DO dan kadar TDS serta pemberian pakan ikan berbasis *Internet of Things* (IoT) sehingga dapat dilakukan pengendalian dan pemantauan melalui platform IoT Blynk. Berikut ini Diagram blok sistem secara keseluruhan yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem Pengendalian Kualitas Air Budidaya Ikan Nila *Aquaponic*

### 2.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada penelitian ini terdiri atas komponen-komponen berikut.

1. Sensor DS18B20
2. Sensor SEN0244
3. Sensor SEN0237
4. *Water heater*
5. Pompa DC 12V
6. Servo
7. ESP8266
8. LCD

Pada perancangan ini, penempatan sensor pada wadah akrilik di tepi dalam kolam dengan tujuan untuk mempermudah troubleshooting ketika terjadi error. Data sensor yang di terima oleh mikrokontroler Arduino Mega akan diolah lalu ditampilkan pada LCD serta dikirimkan ke *cloud server* melalui ESP8266 untuk ditampilkan pada

platform IoT Blynk.

### 2.2.1 Perancangan Perangkat Keras Sistem Pengendalian Suhu

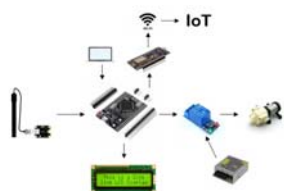
Perancangan perangkat keras atau *hardware* pada sistem pengendalian suhu air menggunakan sensor suhu DS18B20 serta *water heater* SOBO-300W sebagai aktuator. Pada kolam ikan *aquaponic*, sensor suhu DS18B20 diletakkan pada wadah akrilik yang ditempatkan pada sisi kolam. Penempatan sensor ini pada wadah akrilik bertujuan untuk mempermudah *troubleshooting* ketika terjadi *error* pada sensor. Untuk mengendalikan, temperatur *heater* dibutuhkan modul *AC Light Dimmer* yang berfungsi untuk memberikan sinyal PWM pada *heater*. Perancangan hardware sistem Pengendalian suhu digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain perangkat keras sistem kendali dan monitoring suhu air

### 2.2.2 Perancangan Perangkat Keras Sistem Pengendalian DO

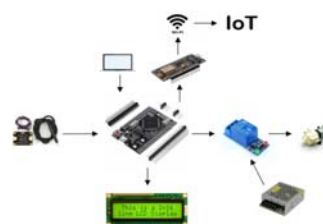
Perancangan perangkat keras pada sistem kendali DO air pada kolam *aquaponic* ikan nila menggunakan sensor DO DFRobot SEN0237 dan pompa DC 12 V. Aktuator pompa dc dihubungkan dengan *relay* untuk menghidupkan serta menonaktifkan pompa berdasarkan kondisi *error* pada sistem. Dikarenakan pompa DC memiliki tegangan masukan 12V, maka dibutuhkan *power supply* 12V yang terhubung pada *relay* untuk menghidupkan pompa. Perancangan hardware sistem kendali DO digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain perangkat keras sistem kendali dan monitoring DO air

### 2.2.3 Perancangan Perangkat Keras Sistem Pengendalian TDS

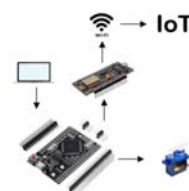
Perancangan perangkat keras pada sistem kendali TDS air pada kolam *aquaponic* ikan nila menggunakan sensor TDS DFRobot SEN0244 dan pompa DC 12 V. Aktuator pompa dc dihubungkan dengan *relay* untuk menghidupkan serta menonaktifkan pompa berdasarkan kondisi *error* pada sistem. Dikarenakan pompa DC memiliki tegangan masukan 12V, maka dibutuhkan *power supply* 12V yang terhubung pada *relay* untuk menjalankan pompa. Perancangan hardware sistem kendali TDS digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain perangkat keras sistem kendali dan monitoring TDS air

### 2.2.4 Perancangan Perangkat Sistem Feeder Pakan Ikan.

Perancangan perangkat keras pada sistem *feeder* ikan menggunakan motor servo yang dikendalikan secara *open-loop*. Pemberian pakan ikan ini dilakukan secara otomatis dengan menggunakan *timer* penjadwalan. Perancangan perangkat keras sistem *feeder* dapat dilihat pada Gambar 5.

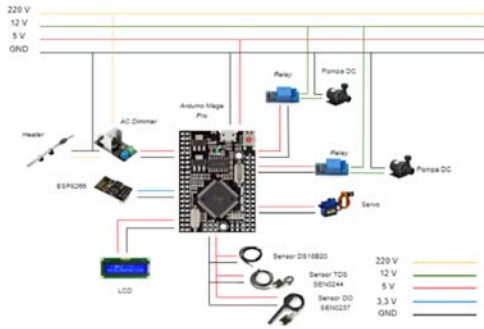


Gambar 5. Desain perangkat keras sistem *feeder*

## 2.3 Perancangan Catu Daya

Sistem Smart Integrated Aquaponic Farming menggunakan dua sumber catu daya, yaitu PLTS dan PLN. Sistem ini memiliki sumber utama dari panel surya dengan keluaran tegangan 12 V yang terhubung dengan baterai untuk menyimpan daya. Kedua catu daya tersebut dipadukan dalam sistem switching (ATS) sebagai sistem back-up daya, dimana kedua catu daya tersebut akan bekerja secara bergantian berdasarkan kondisi kapasitas baterai (state of charge). Tegangan yang dihasilkan oleh

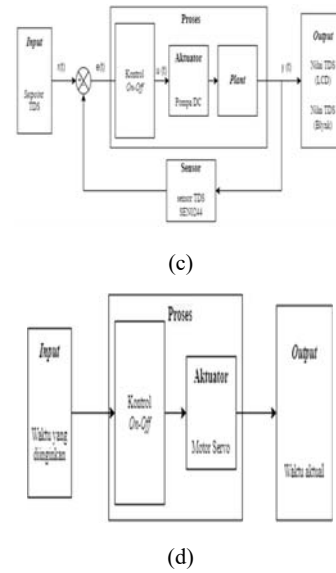
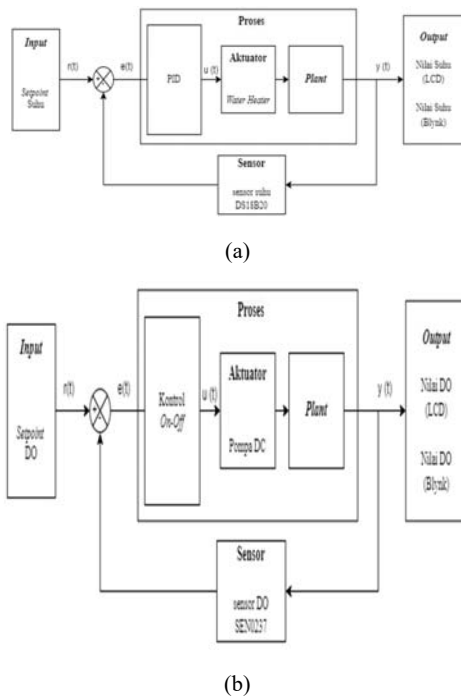
PLN adalah 220 VAC. Tegangan ini dihubungkan dengan port AC-IN untuk menghidupkan heater. Selain itu tegangan 220VAC akan dikonversi menjadi DC menggunakan power supply 12VDC agar dapat digunakan oleh komponen-komponen DC. Sementara itu, tegangan yang dihasilkan oleh PLTS sebesar 12VDC. Perancangan catu daya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian catu daya Smart Integrated Aquaponic

## 2.4 Perancangan Perangkat Lunak

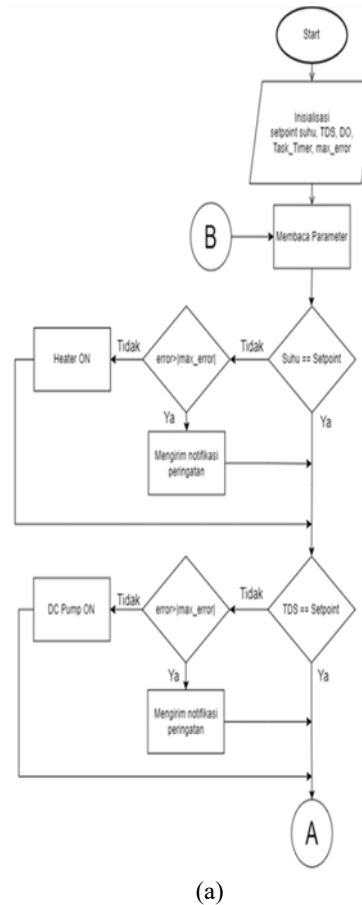
Penggunaan perangkat lunak diperlukan untuk menuliskan data perintah yang diinginkan oleh *user* ke dalam program yang dipahami oleh mikrokontroler serta mengintegrasikan sistem kendali dan monitoring kualitas air pada kolam ikan nila aquaponic berbasis IoT. Gambar 7 merupakan diagram blok pengendalian setiap parameter.

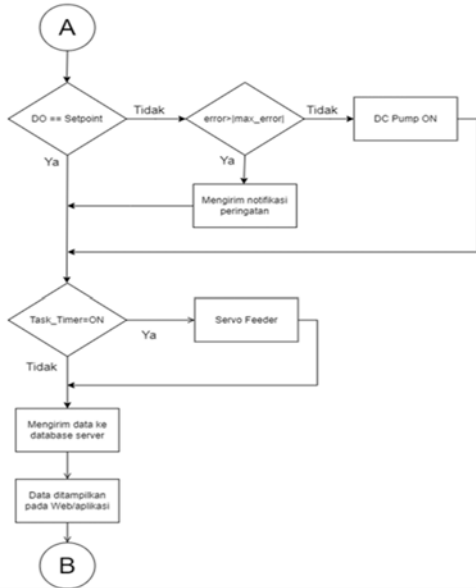


Gambar 7. Diagram Blok Sistem Pengendalian Parameter; (a) Suhu, (b) DO, (c) TDS, (d) Feeder

## 2.5 Sistem Kerja Alat

Gambar 8 merupakan diagram alir sistem alat.



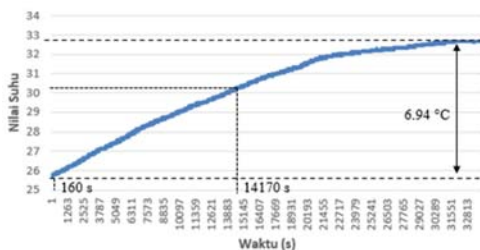


(b)  
Gambar 8. Diagram alir sistem kendali dan monitoring kualitas air kolam nila aquaponic

Sistem kendali dan monitoring kualitas dilakukan dengan menggunakan program yang dikirimkan ke mikrokontroler. Sistem-sistem ini dapat berjalan secara otomatis oleh karena adanya algoritma pemrograman yang mengatur jalannya keseluruhan sistem. Algoritma pemrograman sistem kendali dan monitoring kualitas air kolam ikan nila dapat dilihat melalui diagram alir pada Gambar 8 diatas.

## 2.6 Perancangan Kontroler PI Pada Sistem Pengendalian Suhu

Pengendalian parameter suhu pada kolam ikan nila aquaponic menggunakan kendali PI. Dalam merancang kendali PI, diperlukan uji respon sistem secara *open loop*. Uji respon dilakukan pada kondisi suhu awal air kolam yaitu 25,75 °C sampai suhu mencapai titik kestabilannya pada suhu 32,69 °C.



Gambar 9. Grafik respon *open loop* sistem kendali suhu.

Berdasarkan respon *open loop* pada Gambar 9, dapat dilihat respon sistem *open loop* sistem pengendalian suhu. Dengan menggunakan grafik yang didapat, pemodelan sistem dapat dicari dengan menggunakan metode FOPDT (*First Order Plus Dead Time*). Parameter model FOPDT dapat dicari dengan langkah berikut.

1. Gain statis K  

$$K = \frac{\Delta PV}{\Delta CO} = \frac{32,69 - 25,75}{50 - 0} = 0,1388^{\circ}\text{C} / \text{PWM}$$
 (1)

2. Keterlambatan Transportasi Proses L  

$$L = 160 \text{ detik}$$

3. Konstanta waktu (T):  

$$T = (63,2\% * \Delta PV) + PV_0$$
 (2)  

$$T = (63,2\% * 6,94) + 25,75$$

Sehingga diperoleh pemodelan matematis sistem sebagai berikut[5].

$$H(s) = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1} = \frac{0,1388}{14010s+1} e^{-160s}$$
 (3)

Berdasarkan hasil parameter FOPDT yang telah didapatkan, parameter kendali Kp dan Ki dapat ditentukan dengan metode *ziegler-nichols* sebagai berikut[6].

$$K_p = 0,9 \frac{T}{L} = 0,9 \times \frac{14010}{160} = 87,56$$
 (4)

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{K_p \times 0,3}{L} = \frac{87,56 \times 0,3}{160} = 0,164$$
 (5)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Implementasi Sistem

Implementasi perancangan dilakukan dengan mengintegrasikan setiap komponen sesuai dengan parameter pengendalian masing-masing. Pada pengendalian suhu, sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur nilai suhu air pada kolam ikan. *Water heater* digunakan sebagai aktuator untuk menghangatkan air kolam. Pada pengendalian suhu, modul AC dimmer akan mengendalikan tingkat panas *water heater* berdasarkan perhitungan *error* kendali PID. Pada sistem pengendalian *dissolved oxygen*, sensor DO SEN0237 diimplementasikan untuk mengukur nilai DO. Nilai tegangan keluaran sensor akan dikonversi dengan ADC pada mikrokontroler untuk memperoleh besar nilai DO. Pada pengendalian parameter ini, pompa DC 12V digunakan sebagai aktuator untuk meningkatkan nilai DO. Implementasi pada pengendalian *total dissolved solid* menggunakan sensor TDS SEN0244 untuk mengukur nilai TDS dan Pompa DC 12V untuk menurunkan nilai TDS. Pompa DC 12V pada



pengendalian nilai DO dan TDS terhubung dengan *relay* sebagai saklar dan dikendalikan dengan kendali *On-Off*. Pompa akan menyala ketika *relay* mendapatkan sinyal *trigger* LOW dan akan mati ketika mendapatkan *trigger* HIGH. Pada sistem feeder pakan ikan menggunakan aktuator berupa servo. Servo akan aktif memutar feeder ketika waktu penjadwalan pakan ikan telah terpenuhi.

Sistem monitoring dilakukan dengan menggunakan LCD untuk menampilkan nilai parameter kualitas air secara *offline* dan menggunakan aplikasi Blynk dengan menggunakan modul WiFi ESP8266 agar mikrokontroler dapat terhubung dengan WiFi. Implementasi sistem dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Implementasi sistem secara keseluruhan

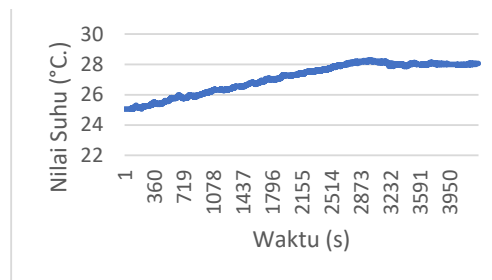
### 3.2 Pengujian Kendali Pada Sistem Kendali Parameter Suhu

Pengujian kontroler pada pengendalian parameter suhu pada air menggunakan metode kendali PI untuk menjaga nilai suhu air pada kolam agar sesuai dengan *setpoint*. Pada penelitian ini, respon sistem kendali parameter suhu diuji dengan 2 cara. Pengujian pertama dilakukan dengan mengendalikan nilai suhu yang berada dibawah *setpoint* (tanpa gangguan) dan pengujian kendali dengan memberikan gangguan berupa 1 kg es batu. Dari kondisi tersebut didapatkan 2 respon sistem kendali yang akan dianalisis.

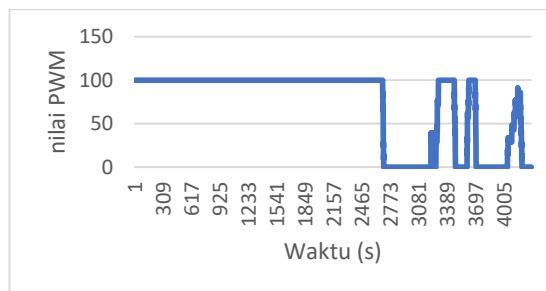
#### 3.2.1 Pengujian Kontrol PI Kondisi Di Bawah *Setpoint*

Pengujian kendali ini menggunakan sensor suhu DS18B20 untuk mengukur nilai suhu pada air serta water heater sebagai aktuator untuk menghangatkan suhu air. Pengujian pada kondisi normal ini dilakukan dengan memberikan *setpoint* yang diinginkan yaitu 28 °C serta nilai suhu yang terbaca pada kondisi awal adalah 25,06 °C. Pada pengujian ini, nilai error suhu akan diproses mikrokontroler untuk mengendalikan tegangan pada water heater. Proses ini akan berjalan hingga nilai suhu mencapai *setpoint*. Hasil pengujian respon sistem kendali suhu menggunakan

metode PI dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini.



(a)



(b)

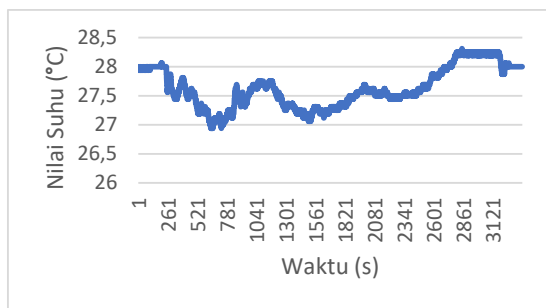
Gambar 11 Respon sistem kendali PI pada parameter suhu; (a) nilai suhu, (b) nilai PWM.

Pada Gambar 11, dapat dianalisa bahwa respon sistem kendali PI memiliki nilai *overshoot* sebesar 0,89% dengan  $T_p$  sebesar 2966 detik,  $T_d$  sebesar 1352 detik untuk mencapai 50% dari perubahan nilai suhu yaitu pada suhu 26,56 °C,  $T_r$  yaitu waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 0 % sampai 100% harga akhir sistem redaman kurangnya pada suhu 28°C sebesar 2682 detik, serta  $T_s$  untuk mencapai  $\pm 2\%$  dari nilai *steady state* sebesar 3523 detik pada suhu 28,12 °C

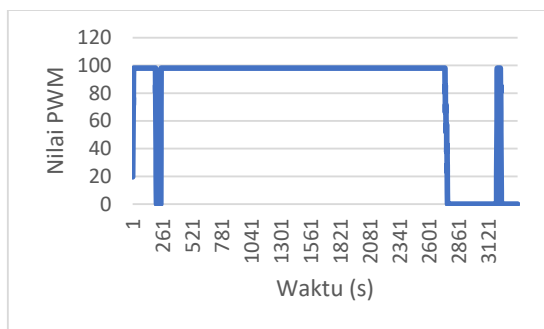
Nilai PWM pada pada Gambar 11. poin b mengalami perubahan sesuai dengan hasil perhitungan *gain output* yang dihasilkan oleh kendali PI berdasarkan nilai *error* yang terbaca oleh sensor.

#### 3.2.2 Pengujian Kontrol PI Dengan Gangguan 1 Kg Es

Pengujian kendali dengan gangguan dilakukan dengan memberikan gangguan berupa 1 Kg es batu dengan asumsi suhu sebesar 0 °C. Pada pengujian ini, kondisi awal suhu air pada kolam sebesar 27,95 °C dan diberikan es batu sebesar 1 Kg selang beberapa waktu kemudian yang menyebabkan terjadinya perubahan suhu air pada kolam. Adanya perubahan nilai suhu yang disebabkan oleh gangguan tersebut menyebabkan sistem kendali bekerja untuk menstabilkan kembali nilai suhu untuk mencapai nilai *setpoint*. Hasil pengujian respon sistem kendali suhu menggunakan metode PI dengan gangguan dapat dilihat pada Gambar 12 berikut ini.



(a)



(b)

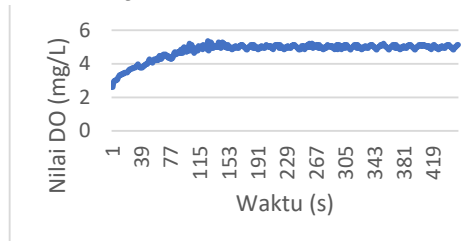
Gambar 12. Respon sistem kendali PI pada parameter suhu; (a) nilai suhu, (b) nilai PWM.

Pada gambar 12, dapat dianalisa bahwa nilai suhu awal sebelum diberikan gangguan adalah 28 °C. ketika sistem diberi gangguan berupa 1 Kg es batu, kendali PI berusaha untuk menstabilkan kembali nilai suhu air. Respon sistem kendali PI ketika diberi gangguan memiliki nilai maksimum *overshoot* (MP) sebesar 1,1% serta waktu pulih untuk mencapai keadaan *steady state* sebesar 3238 detik pada suhu 28 °C. Nilai PWM pada pada respon sistem mengalami perubahan sesuai dengan hasil perhitungan *gain output* yang dihasilkan oleh kendali PI berdasarkan nilai *error* yang terbaca oleh sensor.

### 3.3 Pengujian Kendali *Dissolved Oxygen*

Pengujian sistem kendali pada parameter *dissolved oxygen* (DO) air menggunakan metode kontrol On-Off. Pengujian normal ini dilakukan dengan memberikan *setpoint* yang diinginkan yaitu 5 mg/L serta nilai DO yang terbaca pada kondisi awal adalah 2,6 mg/L. Pada pengujian ini nilai DO akan dikendalikan dengan cara menambahkan air kedalam menggunakan pompa untuk menurunkan konsentrasi DO pada kolam. Kendali *On-Off* dapat menghasilkan respon kendali yang cepat akan tetapi cenderung menghasilkan *overshoot*. Nilai DO yang berlebih tidak mengurangi kualitas air pada kolam. Sebaliknya, nilai DO yang rendah dapat menyebabkan stress pada ikan. *Dissolved oxygen* sendiri sangat dibutuhkan ikan untuk bernafas serta pembakaran makanan untuk menghasilkan energi pada ikan, dll. Oleh

karena itu, penggunaan metode kendali On-Off pada cukup baik dan relevan untuk diterapkan pada pengendalian *dissolved oxygen*. Pengujian respon sistem kendali parameter *dissolved oxygen* dapat ditunjukkan pada Gambar 13.

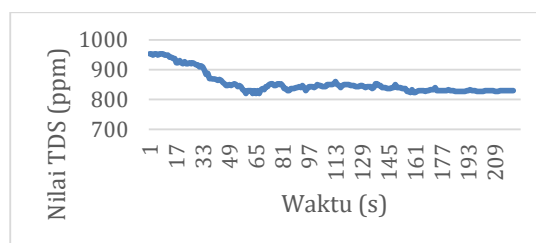


Gambar 13. Respon Kendali *On-Off* parameter DO

Pada Gambar 13, dapat dianalisa bahwa respon sistem kendali *on-off* memiliki nilai *overshoot* sebesar 7,2% dengan *time peak* ( $T_p$ ) sebesar 126 detik, *delay time* ( $T_d$ ) sebesar 32 detik untuk mencapai 50% dari perubahan nilai DO yaitu pada 3,82 mg/L, *rise time* ( $T_r$ ) yaitu waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 0 % sampai 100% harga akhir sistem redaman kurangnya pada nilai DO 5,06 mg/L sebesar 114 detik, serta *settling time* ( $T_s$ ) untuk mencapai  $\pm 2\%$  dari nilai *steady state* sebesar 156 detik pada nilai DO 4,93 mg/L.

### 3.4 Pengujian Kendali *Total Dissolved Solid*

Pengujian sistem kendali pada parameter *total dissolved solid* (TDS) air menggunakan metode kontrol On-Off. Kendali On-Off dapat menghasilkan respon kendali yang cepat akan tetapi cenderung menghasilkan osilasi. Pengujian kendali ini menggunakan sensor TDS SEN0244 untuk mengukur nilai TDS pada air serta pompa DC sebagai aktuator untuk menurunkan nilai TDS air. Pengujian pada kondisi normal ini dilakukan dengan memberikan *setpoint* yang diinginkan yaitu 850 ppm serta nilai TDS yang terbaca pada kondisi awal adalah 953 ppm. Pada pengujian ini nilai TDS akan dikendalikan dengan cara menambahkan air kedalam menggunakan pompa untuk menurunkan konsentrasi TDS pada kolam. Pengujian respon sistem kendali parameter *total dissolved solid* dapat ditunjukkan pada Gambar 14.[8]



Gambar 14 Respon Kendali On-Off parameter TDS

Pada gambar 14, dapat dianalisa bahwa respon sistem kendali *on-off* memiliki nilai *overshoot* sebesar 3,52% dengan *time peak* ( $T_p$ ) sebesar 59 detik, *delay time* ( $T_d$ )

sebesar 34 detik untuk mencapai 50% dari perubahan nilai TDS yaitu pada 894 ppm, *rise time* ( $T_r$ ) yaitu waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 0 % sampai 100% harga akhir sistem redaman kurangnya pada nilai 850 ppm sebesar 49 detik, *settling time* ( $T_s$ ) untuk mencapai  $\pm 2\%$  dari nilai *steady state* sebesar 85 detik pada nilai 830 serta memiliki *error steady-state* sebesar 2,7%.

### 3.5 Pengujian Sistem Feeder Pakan Ikan

Data Uji Ke-	Jumlah Ikan	Berat Ikan Hidup (gr)	Berat Ikan Mati (gr)	Total Berat
1	7	111,9	-	111,9
2	7	121,6	-	121,6
3	6	106,2	20,9	127,1
4	6	110,5	20,9	131,4
5	6	113,4	20,9	134,3
6	6	115,9	20,9	136,8
7	6	117,6	20,9	138,5

Sistem *feeder* pakan ikan pada perancangan ini menggunakan servo sebagai aktuator. *Feeder* ini dikendalikan menggunakan *timer* penjadwal pakan ikan. Pada perancangan ini, pemberian pakan ikan dilakukan 2 kali dalam sehari pada pukul 7.30 WIB dan 17.00 WIB. Hasil pengujian pemberian pakan ikan secara otomatis dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian pemberian pakan ikan otomatis

Waktu Feeding	Kondisi Feeder	Keterangan
7.30	Hidup	Benar
17.30	Hidup	Benar

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 1, pemberian pakan ikan pada pukul 7.30 dan 17.30 berhasil dilakukan secara otomatis. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem *feeder* dapat bekerja dengan baik.

### 3.6 Pengujian Sistem Monitoring Suhu, DO, dan TDS secara Online

Sistem *monitoring* parameter secara *online* dilakukan dengan menampilkan data pada aplikasi serta web Blynk. Data pembacaan sensor yang telah diproses oleh mikrokontroler dikirim ke server Blynk menggunakan modul WiFi ESP8266 yang terhubung dengan jaringan WiFi. Tampilan sistem *monitoring* parameter suhu, *dissolved oxygen*, dan *total dissolved solid* secara *online* dapat dilihat pada Gambar 15. berikut.[9]



Gambar 15. Tampilan sistem monitoring parameter suhu, DO dan TDS secara online menggunakan aplikasi Blynk.

### 3.7 Pengujian Pertumbuhan Ikan Nila Aquaponic

Pengujian pertumbuhan ikan nila dapat diukur dengan menggunakan beberapa perhitungan, antara lain pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan relatif, rasio konversi pakan, efisiensi pemanfaatan pakan, serta kelangsungan hidup ikan. Pada penelitian ini parameter fisik ikan yang diukur adalah berat ikan. Pada pengujian ini, jumlah ikan nila yang diuji sebanyak 7 ekor. [10]

Tabel 2. Data berat ikan selama masa budidaya

Berdasarkan data pada Tabel 2, ikan mengalami pertumbuhan berat total dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 5.33 gr selama masa budidaya. Pada pengujian hari ke-5 terdapat 1 ekor ikan yang mati dengan berat 20,9 gr. Budidaya menggunakan modul *aquaponic* ini menghasilkan pertumbuhan rata-rata sebesar 5,43 gr setiap 2 hari. Pertumbuhan terkecil terdapat pada pengukuran hari ke 13 dengan pertumbuhan sebesar 1,7 gr. Pertumbuhan terbesar terdapat pada pengukuran hari ke 3 dengan pertumbuhan sebesar 15,7gr.

#### 3.7.1 Pengujian Pertumbuhan Mutlak dan Laju Pertumbuhan Relatif

Data yang didapatkan dari pengujian dilihat pada table 3.

Tabel 3. Pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan ikan uji

Berat rerata (g)		Pertumbuhan mutlak (g)	Laju pertumbuhan relatif (%)
Awal	Akhir		
111,9	138,5	26,6	22,18%

Berdasarkan Tabel 3 Nilai parameter pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan ikan menunjukkan ikan dapat bertumbuh secara tidak signifikan pada kolam *aquaponic*.



### 3.7.2 Pengujian Rasio Konversi Pakan dan Pengujian Efisiensi pemanfaatan Pakan Ikan

Rasio konversi pakan ikan menunjukkan seberapa besar pakan ikan yang dimakan menjadi biomassa tubuh ikan. Sementara itu nilai efisiensi pakan ikan diperoleh dengan membandingkan total pertambahan bobot ikan dengan jumlah pakan yang dimakan ikan selama masa budidaya. Pada penelitian ini, ikan diberikan pakan 1.5% dari berat total ikan.

**Tabel 4 Nilai rasio konversi pakan dan efisiensi pakan selama budidaya**

Wo (gr)	Wt (gr)	F (gr)	D (gr)	Rasio Konversi Pakan	Nilai Efisiensi Pakan (%)
111.9	117.6	42	20.9	1.57	113.09%

Berdasarkan data pada Tabel 4, Rasio konversi pakan ikan nila selama masa budidaya sebesar 1.57 dan Nilai efisiensi pakan yang didapat sebesar 113.09%. Berdasarkan data tersebut juga dapat dilihat bahwa pakan ikan dapat terkonversi dengan baik menjadi berat ikan.

### 3.7.3 Pengujian Kelangsungan Hidup (Survival Rate)

Kelangsungan hidup merupakan persentase perbandingan jumlah ikan yang hidup pada akhir budidaya dengan jumlah ikan yang hidup pada masa awal budidaya. Pemberian pakan yang baik serta didukung oleh kondisi lingkungan yang baik dapat menunjang tingkat keberlangsungan hidup ikan nila. Nilai keberlangsungan hidup ikan nila pada masa budidaya dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

**Tabel 5. Nilai survival rate ikan selama masa budidaya**

No	Nt	SR (%)
7	6	85.7%

Berdasarkan data pada Tabel 5, nilai keberlangsungan hidup ikan nila pada masa budidaya *aquaponic* sebesar 85.7%. Persentase ini menunjukkan bahwa pemeliharaan ikan nila pada budidaya *aquaponic* dapat dilakukan dengan baik. Jumlah kematian ikan selama budidaya sebesar 1 ekor. Hal ini dikarenakan terdapat ikan yang tidak mampu beradaptasi dengan air kolam.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan:

1. Pada pengujian sistem kendali suhu menggunakan metode kendali PI, suhu awal yang terbaca oleh sensor DS18B20 adalah 25,06 °C dengan nilai setpoint 28 °C. Berdasarkan hasil analisis respon sistem kendali didapatkan nilai *overshoot* sebesar 0,89% dengan *timepeak* 2966 detik, nilai *delay time* = 1352 detik, *rise time* = 2682 detik serta *settling time* = 3523 detik.
2. Pada pengujian sistem kendali suhu menggunakan metode kendali PI dengan pemberian gangguan berupa 1 kg es batu, suhu awal yang terbaca oleh sensor DS18B20 adalah 27,95 °C dengan nilai setpoint 28 °C. Berdasarkan hasil analisis respon sistem kendali didapatkan nilai *maximum overshoot* (MP) sebesar 1,1% serta waktu pulih untuk mencapai keadaan *steady state* sebesar 3238 detik.
3. Pada pengujian sistem kendali *dissolved oxygen* (DO) menggunakan metode kendali *On-Off*, nilai DO awal yang terbaca oleh sensor SEN 0237 adalah 2,6 mg/L dengan nilai setpoint 5 mg/L. Berdasarkan hasil analisis respon sistem kendali didapatkan nilai *overshoot* sebesar 7,2 % dengan *timepeak* 126 detik, nilai *delay time* = 32 detik, *rise time* = 114 detik serta *settling time* = 156 detik.
4. Pada pengujian sistem kendali *total dissolved solid* (TDS) menggunakan metode kendali *On-Off*, nilai TDS awal yang terbaca oleh sensor SEN 0244 adalah 953 ppm dengan nilai setpoint 850 ppm. Berdasarkan hasil analisis respon sistem kendali didapatkan nilai *overshoot* sebesar 3,52% dengan *timepeak* 59 detik, nilai *delay time* = 34 detik, *rise time* = 49 detik serta *settling time* = 85 detik.
5. Sistem *feeder* pakan ikan bekerja dengan baik sesuai dengan penjadwalan waktu pakan yang telah ditentukan. *Feeder* bekerja secara otomatis selama dua kali dalam sehari pada pukul 7.30 dan 17.30.
6. Pada pengujian Pertumbuhan ikan, didapatkan nilai Pertumbuhan Mutlak ikan sebesar 26.6 gr, Laju Pertumbuhan Relatif (RG) sebesar 22.18%, Rasio Konversi Pakan (FCR) sebesar 1,57 , Efisiensi Pemanfaatan Pakan (EP) sebesar 113.09%, serta Kelangsungan Hidup ikan (SR) sebesar 85,7%.

## Referensi

- [1] Economist Impact, "Global Food Security Index 2021," 2022.  
<https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index/Index> (accessed Apr. 28, 2022).
- [2] J. Hestina, "KETAHANAN PANGAN Heri Suharyanto \* Abstrak," *Sos. Hum.*, vol. 4, no. 2, pp. 186–194, 2011, [Online]. Available: <http://iptek.its.ac.id/index.php/jsh/article/view/633/355>.
- [3] L. Zalukhu, M. Fitriani, and A. D. Sasanti, "PEMELIHARAAN IKAN NILA DENGAN PADAT TEBAR BERBEDA PADA BUDIDAYA SISTEM AKUAPONIK," *J. Akuakultur Rawa Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 80–90, 2016.
- [4] KKP, "Produksi Perikanan Budidaya Ikan Nila,"

2020. <https://statistik.kkp.go.id/> (accessed May 20, 2022).
- [5] B. Sampurno, A. Abdurrakhman, and H. S. Had, "Sistem Kendali PID pada Pengendalian Suhu untuk Kestabilan Proses Pemanasan Minuman Sari Jagung," p. 242, 2016, doi: 10.5614/sniko.2015.34.
- [6] Z. Jamal, "Implementasi Kendali Pid Penalaan Ziegler-Nichols," *J. Inform.*, vol. 15, no. 1, pp. 81–88, 2015.
- [7] M. Akmal Mulyono, "Ssimulasi Alat Penjaring Ikan Otomatis Dengan Penggerak Motor Servo Continuous, Sensor Jarak Hc- Sr04 Dan Tombol, Menggunakan Arduino Mega," *Simulasi Alat Penjaring Ikan Otomatis Dengan Penggerak Mot. Servo Contin. Sens. Jarak Hc-Sr04 dan Tombol, Menggunakan Arduino Mega*, vol. 12, no. 1, pp. 39–47, 2019, [Online]. Available: <https://journal.stekom.ac.id/index.php/E-Bisnis/article/view/82>.
- [8] K. O. Dan, D. Bargraph, G. Restu, F. Suwandi, A. N. Rahadi, and H. Bachtiar, "KONTROL ON-OFF DAN DISPLAY BARGRAPH TEMPERATUR," no. November, 2015, doi: 10.13140/RG.2.1.1228.2327.
- [9] R. P. Gozal, A. Setiawan, and H. Khoeswanto, "Aplikasi SmartRoom Berbasis Blynk untuk Mengurangi Pemakaian Tenaga Listrik," vol. 8, pp. 1–7, 2020.
- [10] R. Iskandar, "PERTUMBUHAN DAN EFISIENSI PAKAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) YANG DIBERI PAKAN BUATAN BERBASIS KIAMBANG," vol. 15, no. 2, pp. 1–23, 2016.