

PERANCANGAN PENGENDALIAN SUHU DAN SALINITAS AIR PADA AQUARIUM IKAN BOTANA BIRU

Abdul Haris Kadafi¹, Sujono²

^{1,2}Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur

Jakarta, Indonesia

d.davidoff811@gmail.com¹

sujono@budiluhur.ac.id²

ABSTRAK

*Dalam penelitian ini telah dirancang alat pengendali suhu dan salinitas air laut pada aquarium ikan botana biru (*Acanthurus leucosternon*) yang merupakan jenis ikan stenohaline (ikan yang hanya mampu beradaptasi dengan sedikit perubahan salinitas). Sistem yang dirancang ini bertujuan agar kondisi nilai suhu dan nilai salinitas pada aquarium terjaga sesuai dengan habitat ikan botana biru. Sistem ini terdiri dari sensor suhu, sensor salinitas, mikrokontroler, chiller, heater, LCD, pompa DC, dan Aquarium. Kontroler pada sistem terdiri dari 2 jenis yaitu kontroler on/off yang digunakan untuk menyalakan chiller saat sensor memberi signal kepada algoritma kontroler bahwa suhu di atas 28 °C dan akan off pada suhu 26 °C, kedua kontroler on/off yang digunakan untuk menyalakan heater saat suhu berada di bawah 25 °C sampai suhu mencapai 26 °C maka heater akan off, dan ketiga kontroler fuzzy logic untuk menyalakan pompa air asin ketika salinitas bernilai dibawah dari 29 ppt dan menyalakan pompa air tawar ketika salinitas bernilai diatas dari 30 ppt. Pada kontroler fuzzy input kontroler fuzzy adalah error dan delta error sedangkan outputnya adalah pulse width modulation, Masing-masing variabel input dan output diklasifikasi dalam 5 fungsi keanggotaan. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid. Hasil yang diperoleh adalah respon sistem kendali memiliki overshoot 15 % dan steady state error 0.5 PPT pada range pengendali salinitas 26-32 ppt dengan setpoint 29 ppt.*

Kata kunci : pengendali suhu, pengendali salinitas, pompa DC, Heater, logika fuzzy.

ABSTRACT

*In this research, a device to control temperature and salinity of seawater in the aquarium of blue botana (*Acanthurus leucosternon*) which is a type of stenohaline fish (fish that is only able to adapt to slight changes in salinity). This system is designed to ensure that the temperature and salinity values in the aquarium are maintained in accordance with the blue botana habitat. This system consists of temperature sensor, salinity sensor, microcontroller, chiller, heater, LCD, DC pump, and Aquarium. The controller in the system consists of 2 types, namely the on / off controller that is used to turn on the chiller when the sensor signals to the controller algorithm that the temperature is above 28 °C and will be off at 26 °C, the two on / off controllers are used to turn on the heater when the temperature is below 25 °C until the temperature reaches 26 °C, the heater will turn off, and the third controller fuzzy logic to start the saltwater pump when salinity is below 29 ppt and start the fresh water pump when the salinity is above 30 ppt. In the fuzzy controller the fuzzy controller input is error and delta error while the output is pulse width modulation. Each input and output variable is classified in 5 membership functions. The defuzzification method used is the centroid method. The results obtained are the control system response has 15% overshoot and 0.5 PPT steady state error in the range of salinity control 26-32 ppt with a setpoint of 29 ppt.*

Keywords: temperature control, salinity control, DC pump, heater, fuzzy logic.

I. PENDAHULUAN

Jika dibedakan dari tingkat kepekaannya pada salinitas maka ada 2 kelompok ikan hias air laut yaitu ikan yang termasuk kelompok jenis *euryhaline*

(ikan yang dapat hidup dengan toleransi tinggi terhadap perubahan salinitas) dan kelompok jenis *stenohaline* (ikan yang hanya mampu beradaptasi dengan sedikit perubahan salinitas [1]).

Aquarium ikan laut yang banyak digemari adalah ikan yang berjenis *stenohaline*. Meski lebih sulit dalam pembudidayanya dibanding jenis *euryhaline* namun keindahan ikan *stenohaline* memikat banyak konsumen ikan hias laut. Pembudidayaan harus didukung dengan salinitas yang baik karena mempengaruhi kelangsungan hidup ikan dan benih ikan tersebut [2]. Ikan yang dipilih untuk penelitian ini adalah ikan botana biru (*Acanthurus leucosternon*) yang merupakan salah satu jenis ikan *stenohaline* yang sensitif pada perubahan suhu dan salinitas.

Suhu ideal untuk air pada *aquarium* adalah antara 78 sampai dengan 82 fahrenheit atau sekitar 25-27°C. Suhu air yang tinggi pada akuarium akan mengundang kehadiran *micro* organisme yang tidak diinginkan dalam jumlah besar, hal ini akan mengakibatkan tumbuhnya lumut pada *aquarium*, serta akan mengakibatkan makhluk hidup didalam *aquarium* seperti *anemone* (tanaman air laut) dan ikan serta hewan air laut lainnya tidak akan bertahan hidup, suhu yang tinggi atau suhu yang tidak ideal juga akan mengakibatkan turunnya tingkat oksigen. Perancangan yang dilakukan menurut suhu dan acuan diatas seperti jurnal yang dibuat oleh [3], menggunakan Sensor suhu *waterproof* DS18B20 sebagai *input*, pada *output* yang dikeluarkan berupa perintah kerja nyala lampu untuk memanaskan suhu air dan *chiller* untuk mendinginkan suhu air.

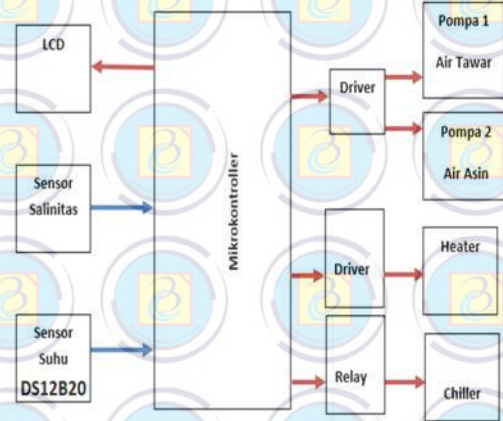
Perancangan *aquarium* air laut yang pernah dilakukan sebelumnya menggunakan sensor suhu dan sensor salinitas dengan pompa motor sebagai pemasok air asin dan tawar serta menggunakan *heater* untuk menaikkan suhu air [4].

Berdasarkan hal tersebut di atas, pada tugas akhir ini akan dirancang sistem pengendalian suhu dan salinitas air pada *aquarium* ikan botana. Untuk pengendalian suhu akan dikontrol batas rendah suhu oleh *heater* dan batas tinggi nilai suhu oleh *fan*. Hasil kendali *fuzzy* akan diamati dan dirancang agar respon sistem kendali mencapai nilai salinitas pada 29 ppt.

II. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem ini meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Hal pertama akan menjelaskan tentang diagram blok sistem dari sistem perancangan sistem pengendalian suhu dan salinitas air pada *aquarium* ikan botana biru, sebelum pada tahapan penjelasan perancangan sistem secara keseluruhan.

A. Diagram Blok Sistem



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

1. *Chiller* sebagai alat untuk menurunkan suhu bila suhu *aquarium* terlalu tinggi, *Chiller* yang digunakan memakai 8 komponen *peltier* dan 4 fan untuk mendinginkan 3 *heatsink*, Mikrokontroler yang berfungsi menerima *input* dari sensor-sensor dan menghasilkan *output* perintah kerja.
2. Mikrokontroler yang dipakai adalah arduino mega 2560, *Driver* yang dipakai jenis dual motor driver module L298N H-bridge,
3. Pompa 1 (tegangan 12 volt) air tawar berfungsi untuk memompa air dari sistem penampungan air tawar ke *aquarium*,
4. Pompa 2 (tegangan 12 volt) air asin berfungsi untuk memompa air dari sistem penampungan air asin ke *aquarium*, *Heater* 12 volt berfungsi untuk menaikkan suhu air *aquarium*,
5. LCD screen 20x4 untuk menampilkan hasil nilai sensor-sensor, Sensor Suhu DS12B20 untuk mendeteksi besaran suhu pada *aquarium*.
6. Sensor Salinitas/TDS/konduktivitas untuk mendeteksi besaran nilai salinitas di *aquarium*,
7. *Relay* 8 *channel* berfungsi untuk mengatur *on/off peltier* pada komponen *Chiller*.

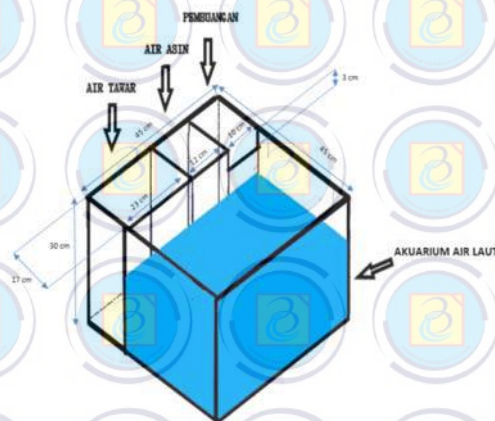
B. Prinsip Kerja Sistem

Prinsip kerja pengendali suhu pada *aquarium* ini menggunakan metode sistem *on/off*, sedangkan pengendali salinitas menggunakan metode *fuzzy logic* yang setpointnya sudah ditentukan terlebih dahulu dan telah tersetting pada program mikrokontroler. Pada saat alat diaktifkan, sistem mulai membaca sensor suhu untuk menentukan apakah suhu terlalu rendah (24 derajat celcius) atau terlalu tinggi (28 derajat celcius), kemudian akan ditentukan apakah heater (mulai *on* saat suhu 24

derajat celcius) atau *Chiller* (mulai *on* saat suhu 28 derajat celcius) yang akan menyala sesuai suhu kondisi air *aquarium* yang terbaca. Jika suhu tidak dalam kondisi terlalu rendah atau terlalu tinggi maka tidak ada perintah kerja untuk suhu. Jika *Heater* atau *Chiller* bekerja, keduanya akan *off* saat suhu terbaca 26 derajat celcius. Disaat yang sama sistem juga membaca sensor salinitas, dan setpoint salinitas tersetting adalah 29 PPT, pengendalian salinitas menggunakan *control fuzzy logic* yang akan menentukan apakah pompa air asin *on* (salinitas dibawah 28 ppt) atau pompa air tawar yang *on* (salinitas diatas 30 ppt), Kedua pompa ini akan memompa air yang diambil dari wadah yang tersedia serta dikontrol besaran jumlah air yang dipompa dengan mengatur besar tegangan pompa oleh mikrokontroler.

C. Perancangan Mekanik

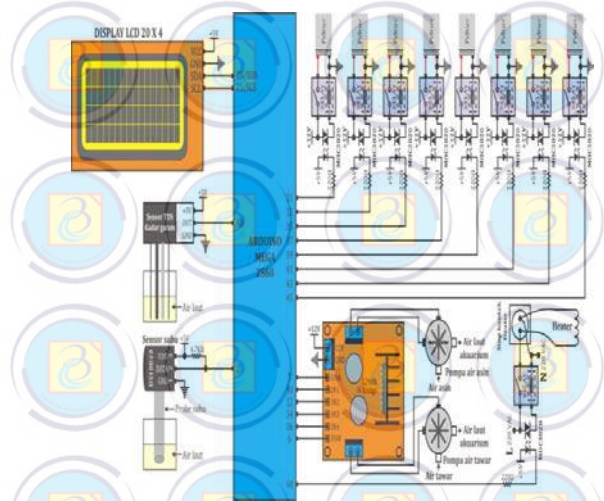
Perancangan mekanik pada *aquarium* laut ikan botana ditunjukkan seperti pada Gambar 3.3. Dimensi *aquarium* laut adalah 45x45x30 cm ditunjukkan pada Gambar 2. Adapun peletakan sensor suhu dan salinitas berada di dalam *aquarium*.



Gambar 2. Desain Aquarium Air Laut

D. Perancangan Elektronik

Rangkaian elektronik pada perancangan sistem pengendalian suhu dan salinitas air pada *aquarium* ikan botana biru ini akan dirancang beberapa perangkat elektronika seperti rangkaian LCD, rangkaian sensor suhu, rangkaian salinitas, rangkaian pompa, rangkaian *chiller* dan rangkaian *heater*. Rangkaian-rangkaian komponen tersebut dibuat hingga menjadi satu rangkaian keseluruhan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Gambar rangkaian keseluruhan sistem

III. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil pembacaan sensor suhu pada *aquarium* laut. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 alat ukur suhu yaitu termometer digital dan termometer air raksa yang dibandingkan nilainya dengan sensor suhu seperti pada Tabel I.

TABLE I. TABEL HASIL PENGUJIAN SENSOR SUHU DENGAN ALAT UKUR SUHU

Nilai Sensor Suhu	Nilai Alat Ukur Raksa	Nilai Alat Ukur Digital
25.16 ^o C	25 ^o C	25.4 ^o C
26.09 ^o C	26 ^o C	26.3 ^o C
26.80 ^o C	27 ^o C	27.1 ^o C
27.55 ^o C	28 ^o C	27.9 ^o C
29.16 ^o C	29 ^o C	29.6 ^o C
30.10 ^o C	30 ^o C	30.4 ^o C
30.90 ^o C	31 ^o C	31.2 ^o C

Dari data hasil pengujian pada Tabel I dapat dicari nilai *error* pembacaan sensor dengan menggunakan rumus seperti berikut :

$$Error = \frac{Nilai\ Suhu - Nilai\ sensor\ Suhu}{Nilai\ Suhu} \times 100\% \quad (1)$$

Contoh perhitungan error di suhu 29 derajat celcius seperti dibawah ini

$$Error\ suhu\ 29 = \frac{29.6 - 29.16}{29.6} \times 100\% = 1,48$$

Perhitungan nilai error dapat ditabelkan seperti pada Tabel II.

TABLE II. TABEL HASIL NILAI ERROR ALAT UKUR SUHU DENGAN SENSOR SUHU

Nilai Suhu	Nilai Error
25° C	0.94%
26° C	0.79%
27° C	1,10%
28° C	1.25%
29° C	1.48%
30° C	0.98%
31° C	0.96%

Untuk mendapatkan hasil nilai rata-rata dapat menggunakan rumus perhitungan seperti dibawah ini:

$$X = \frac{\sum(\text{nilai error})}{n} \quad (2)$$

Dari rumus seperti diatas maka akan didapatkan nilai

$$X = \frac{0.94 + 0.79 + 1.10 + 1.25 + 1.48 + 0.98 + 0.96}{7} = 1.07\%$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan nilai rata-rata error pada sensor suhu untuk mengukur nilai suhu *aquarium* air laut adalah 1.07%.

B. Pengujian Sensor Salinitas

Pengujian sensor salinitas bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor salinitas TDS membaca nilai salinitas pada aquarium air laut. Pada pengujian sensor salinitas menggunakan 2 alat ukur yaitu alat ukur salinitas tipe *Seawater Hydrometer* dan *Refractometer* ATC 0-100%.

Pada kedua alat ukur memakai skala nilai dengan *Specific Gravity* (SG) dan *Parts Per Thousand* (PPT). Jika SG adalah berat jenis atau dengan kata lain berat larutan garam dibanding dengan 1 liter air murni, misal nilai 1.022 yang artinya 1.000 air tawar dan 0.022 garam. Sedangkan skala PPT adalah kadar perseribu atau permil, Misal nilai 33 PPT artinya 33 gram garam dalam satu liter. Untuk konversi perbandingan juga terpengaruh pada suhu air yang dapat dilihat pada Tabel III.

TABLE III. TABEL KONVERSI NILAI SG KE PPT

Temperature	Specific Gravity								
Fahrenheit	Celsius	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025	1.026	1.027
74.0	23.3	28.0	29.3	30.6	31.9	33.3	34.6	35.9	37.2
75.0	23.9	28.2	29.5	30.8	32.1	33.5	34.8	36.1	37.4
76.0	24.4	28.4	29.7	31.0	32.3	33.7	35.0	36.3	37.6
77.0	25.0	28.6	29.9	31.2	32.5	33.9	35.2	36.5	37.8
78.0	25.6	28.8	30.1	31.4	32.7	34.1	35.4	36.7	38.0
79.0	26.1	29.0	30.3	31.6	32.9	34.3	35.6	36.9	38.2
80.0	26.7	29.2	30.5	31.8	33.2	34.5	35.8	37.1	38.5
81.0	27.2	29.4	30.7	32.0	33.4	34.7	36.0	37.4	38.7
82.0	27.8	29.6	30.9	32.3	33.6	34.9	36.3	37.6	38.9
83.0	28.3	29.8	31.2	32.5	33.8	35.2	36.5	37.8	39.2
84.0	28.9	30.1	31.4	32.7	34.1	35.4	36.7	38.1	39.4
85.0	29.4	30.3	31.6	33.0	34.3	35.6	36.9	38.3	39.6
86.0	30.0	30.5	31.8	33.2	34.5	35.8	37.2	38.5	39.8
87.0	30.6	30.8	32.1	33.4	34.8	36.1	37.4	38.8	40.1

Pengujian sensor salinitas TDS dilakukan dengan membandingkan nilai yang didapatkan oleh sensor dengan nilai alat ukur. Hasil pengukuran dapat terlihat seperti pada Tabel IV.

TABLE IV. TABEL PENGUJIAN SENSOR SALINITAS TERHADAP NILAI AKTUAL SALINITAS

Suhu 26° C		
Nilai pengujian SG	Nilai pengujian Salinitas	Nilai Salinitas Sensor
1.020	29.0	29.45
1.021	30.3	30.39
1.022	31.6	31.75
1.023	32.9	33.15
1.024	34.3	34.48
1.025	35.6	35.93
1.026	36.9	37.30

Dari rumus 1 maka akan didapat nilai seperti pada Tabel 5.

TABLE V. TABEL PENGUJIAN NILAI ERROR SENSOR SALINITAS TERHADAP NILAI SALINITAS

Nilai Salinitas	Nilai Error
29.0	1.55%
30.3	0.29%
31.6	0.47%
32.9	0.75%
34.3	0.52%
35.6	0.92%
36.9	1.08%

Dari Tabel V maka akan bisa didapatkan nilai rata-rata error dari nilai sensor salinitas terhadap nilai salinitas aktual dengan alat ukur salinitas seperti dibawah ini:

$$X = \frac{1.55 + 0.29 + 0.47 + 0.75 + 0.52 + 0.92 + 1.08}{7} = 0.79\%$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan nilai rata-rata error pada sensor salinitas untuk mengukur nilai salinitas pada *aquarium* air laut adalah 0.79%.

C. Pengujian Pompa

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran tegangan pada pompa air asin dan pompa air tawar, hasil pengukuran dapat dilihat seperti pada Tabel VI.

TABLE VI. PENGUJIAN NILAI TEGANGAN POMPA AIR ASIN DAN AIR TAWAR PADA PERUBAHAN SALINITAS

No Pengujian pompa air asin	Nilai salinitas (PPT)	Nilai Tegangan (Volt)	No Pengujian pompa air tawar	Nilai salinitas	Nilai Tegangan (Volt)
1	0	10.66	1	29	0
2	15	9.47	2	30	5.60
3	20	7.77	3	31	5.95
4	25	5.67	4	35	7.40
5	29	0	5	40	10.50

Dari hasil Tabel VI maka dapat dilihat tegangan kerja pompa air asin akan maksimal ketika air tawar dan semakin menurun ketika mendekati nilai salinitas 29 PPT dan bernilai 0 ketika mencapai nilai salinitas 29 PPT. Pada pompa air tawar tegangan akan semakin besar jika nilai PPT semakin besar menjauhi angka 29 PPT atau bisa dikatakan berlawanan dengan kerja pompa air asin.

D. Pengujian Heater

Pengujian *Heater* dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan *heater* untuk menaikkan suhu pada *aquarium* air laut hingga mencapai nilai 26 °C seperti pada Tabel VII.

TABLE VII. PENGUJIAN NILAI PERUBAHAN SUHU DENGAN MENGGUNAKAN HEATER

Waktu (menit)	Nilai Suhu (Derajat Celcius)
0	24.0
10	24.2
20	24.5
30	24.9
40	25.3
50	25.7
60	26.0

E. Pengujian Chiller

Pengujian *Chiller* dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan agar suhu tinggi di *aquarium* air laut mencapai nilai suhu yang diinginkan yaitu sebesar 26 °C seperti pada Tabel VIII.

TABLE VIII. PENGUJIAN NILAI PERUBAHAN SUHU DENGAN MENGGUNAKAN CHILLER

Waktu (Menit)	Nilai Suhu (Derajat Celcius)
0	29.4
30	29.4
60	29.1
90	28.8
120	28.6
150	28.2
180	28.0
210	27.8
240	27.5
270	27.3
300	26.7

Waktu (Menit)	Nilai Suhu (Derajat Celcius)
330	26.5
360	26.0

E. Pengujian Keseluruhan Sistem

Tujuan pengujian rangkaian secara keseluruhan ini adalah untuk mengetahui kerja sistem secara keseluruhan dalam mengendalikan suhu dan salinitas air untuk mencapai nilai set point. Sistem kendali pada *aquarium* air laut ini akan dianalisa dan diuji proses pengendaliannya dengan 2 tahap pengujian yaitu:

Pengujian Sistem Pengendalian Salinitas Air dan Pengujian Sistem Pengendalian Suhu Air.

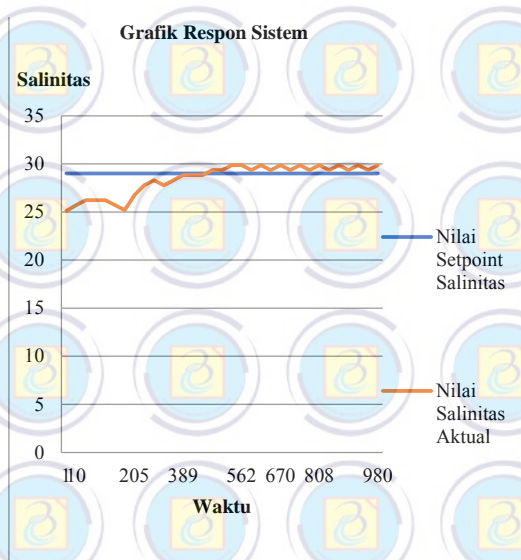
1. Pengujian Sistem Pengendalian Salinitas Air

Sistem kendali salinitas air dengan fuzzy logic *controller* ini akan diuji pada salinitas rendah dengan nilai 25 PPT lalu akan dilakukan pengujian respon sistem untuk mencapai nilai salinitas yang diinginkan yaitu 29 PPT. Pada awal sistem diaktifkan akan terjadi *delay* selama 3 menit lalu setelah itu sistem bekerja. Adapun nilai yang terjadi setelah 3 menit seperti pada Tabel IX.

TABLE IX. PENGUJIAN PENGENDALI SALINITAS

Waktu (detik)	Nilai Setpoint Salinitas (PPT)	Nilai Salinitas Aktual (PPT)
1	29	25.12
10	29	25.72
57	29	26.24
98	29	26.24
114	29	26.24
168	29	25.72
188	29	25.20
205	29	25.72
236	29	26.76
294	29	28.31
330	29	27.79
377	29	28.31
389	29	28.83
403	29	28.83
420	29	28.83
445	29	29.35
495	29	29.35
523	29	29.87
562	29	29.87
590	29	29.35
627	29	29.87
651	29	29.35
670	29	29.87
712	29	29.35
745	29	29.87
770	29	29.35
808	29	29.87
836	29	29.35
867	29	29.87
899	29	29.35
925	29	29.87
956	29	29.35

Dari hasil Tabel IX diatas maka dapat dibuat Grafik respon sistem seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Respon Sistem Pengendali Salinitas

Dari Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa respon sistem bergerak naik untuk mencapai setpoint 29 PPT dan beresilasi di atas Nilai setpoint.

1. *Overshoot (Mp)* dapat dihitung dengan cara berikut

$$Mp = \frac{\text{Nilai respon rpm puncak} - \text{Nilai Steady State}}{\text{Nilai Steady State}} \times 100\%$$

$$= \frac{29.87 - 26}{26} \times 100\% = 14.8\%$$

Dari perhitungan diatas maka nilai Mp yang didapat adalah 14.8%

2. *Delay Time (td)* adalah hasil yang terlihat titik 50% dari titik awal sistem bekerja sampai nilai *steady state* ada pada nilai 27 PPT dan waktu $t=0$ sampai nilai titik *steady state* adalah 145 detik.
3. *Rise Time (tr)* dapat terlihat pada grafik bahwa respon 90% di 28.5 PPT dan 10% ada di 25.5 PPT bila ditarik garis lurus maka waktu yang diperoleh dari 10% sampai 90% adalah 263 detik.
4. *Peak Time (tp)* pada grafik terlihat bahwa titik puncak pertama ada di 28.83 PPT dan bila ditarik garis lurus maka waktu yang ditempuh dari $t=0$ sampai di titik puncak adalah 523 detik.
5. *Setling Time (ts)* dari grafik terlihat dan bila ditarik garis lurus mendatar maka akan didapat pada 29.35 PPT maka ukuran waktu yang ditempuh adalah 590 detik.

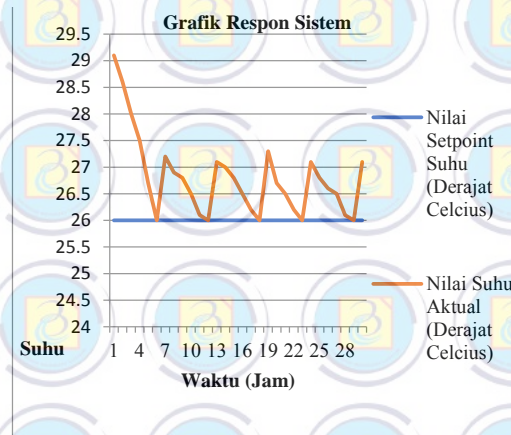
2. Pengujian Sistem Pengendalian Suhu Air

Sistem kendali suhu air dengan *fuzzy logic controller* ini akan diuji pada suhu normal air tanpa bantuan apapun (Suhu aktual) dengan nilai 29.4 derajat celcius lalu akan diuji respon sistem kendali suhu untuk mencapai nilai suhu yang diinginkan yaitu 26 derajat celcius. Pada awal sistem diaktifkan akan terjadi *delay* selama 3 menit lalu setelah itu sistem bekerja. Adapun nilai yang terjadi setelah 3 menit seperti pada Tabel X.

TABLE X. PENGUJIAN PENGENDALI SUHU

Waktu (Jam)	Nilai Setpoint Suhu (Derajat Celcius)	Nilai Suhu Aktual (Derajat Celcius)
1	26	29.1
2	26	28.6
3	26	28.0
4	26	27.5
5	26	26.7
6	26	26.0
7	26	27.2
8	26	26.9
9	26	26.8
10	26	26.5
11	26	26.1
12	26	26.0
13	26	27.1
14	26	27.0
15	26	26.8
16	26	26.5
17	26	26.2
18	26	26.0
19	26	27.3
20	26	26.7
21	26	26.5
22	26	26.2
23	26	26.0
24	26	27.1
25	26	26.8
26	26	26.6
27	26	26.5
28	26	26.1
29	26	26.0
30	26	27.1

Dari hasil Tabel X diatas maka dapat dibuat Grafik respon sistem seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Respon Sistem Pengendali Suhu

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa respon sistem bergerak naik untuk mencapai *setpoint* 26 derajat celsius dan beresilasi di atas nilai *setpoint*.

1. *Overshoot* (M_p) dapat dihitung dengan cara berikut

$$M_p = \frac{\text{Nilai respon rpm puncak} - \text{Nilai Steady State}}{\text{Nilai Steady State}} \times 100\%$$
$$= \frac{26-26}{26} \times 100\% = 0\%$$

Dari perhitungan diatas maka nilai M_p yang didapat adalah 0 %.

2. *Delay Time* (t_d) hasil yang terlihat titik 50% dari titik awal sistem bekerja sampai nilai *steady state* ada pada nilai 27.5°C dan waktu $t = 0$ sampai nilai titik *steady state* adalah 4 jam.
3. *Rise Time* (t_r) pada grafik terlihat bahwa respon 90% di 26.4°C dan 10% ada di 28.6°C bila ditarik garis lurus maka waktu yang diperoleh dari 10% sampai 90% adalah 2 jam 30 menit.
4. *Peak Time* (t_p) pada grafik terlihat bahwa titik puncak pertama ada di 26°C dan bila ditarik garis lurus maka waktu yang ditempuh dari $t = 0$ sampai di titik puncak adalah 6 jam.
5. *Setling Time* (t_s) pada grafik terlihat dan bila ditarik garis lurus mendatar maka akan didapat pada 27°C maka ukuran waktu yang ditempuh adalah 14 jam.

IV. KESIMPULAN

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

Dengan pengujian sensor suhu yang telah dilakukan menunjukkan hasil pembacaan dengan nilai rata-rata error 1,07 %, Dengan pengujian sensor salinitas yang telah dilakukan menunjukkan hasil pembacaan dengan nilai rata-rata error 0.79

%, Tiap tingkat kecepatan motor pompa air asin dan air tawar ditentukan dengan jumlah nilai pembacaan pada nilai salinitas, maka makin tinggi nilai salinitas yang terbaca menjauhi *setpoint* makin kencang motor pompa bekerja, Dari pengujian yang dilakukan pada *Heater* mampu menaikkan suhu 2°C dalam waktu satu jam, Dari pengujian yang dilakukan pada *Chiller* mampu menurunkan suhu 3°C dalam waktu 6 jam, Dari hasil pengujian pada sistem kendali salinitas terlihat grafik beresilasi sekitar 0.5 PPT dan sistem kendali suhu beresilasi sekitar 1 derajat celsius.

REFERENSI

- [1] Mismail and Budiono, "Akuarium Terumbu Karang," 2010
- [2] T. Rahim, R. Tuiyo, and Hasim, "Pengaruh Salinitas Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Benih Ikan Nila Merah (*Oreochromis Niloticus*) di Balai Benih Ikan Kota Gorontalo," *J. Ilm. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 3, no. 1, pp. 39–43, 2015.
- [3] A. Pahdi and B. Rahman, "Prototype Pengendali Suhu Aquamarine Berbasis Arduino (AQUINO)," *Indones. J. Netw.*, vol. 7 no 2, 2017.
- [4] G. D. N. Ikhfal Ruhyadi, Purwanto, "PENGENDALIAN SUHU DAN SALINITAS AIR PADA AKUARIUM IKAN BADUT (Amphiprion percula) BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO DUE," 2017.
- [5] Y. Deniro, Baru Sadarun, "Pengaruh kenaikan suhu air laut terhadap tingkah laku ikan karang pada wadah terkontrol.," *Sapa Laut*, vol. 2, no. 3, pp. 61–67, 2017.
- [6] A. B. Rondonuwu, "Ikan Karang di Wilayah Terumbu Karang Kecamatan Maba Kabupaten Halmahera Timur Provinsi Maluku Utara," *Ilm. platax*, vol. 2, 2014.
- [7] M. Adrim, S. A. Harahap, K. Wibowo, and M. Metode, "Struktur Komunitas Ikan Karang di Perairan Kendari Abst rak," vol. 17, no. September, pp. 154–163, 2012.