

PENGENDALIAN SUHU DAN SALINITAS AIR PADA AKUARIUM IKAN BADUT (*Amphiprion percula*) BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO DUE

Ikhfal Ruhyadi¹, Purwanto², Goegoes Dwi Nusantoro².

¹Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, ²Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Jalan M.T Haryono No.167 Malang 65145 Indonesia

Email : ikhfalruhyadi@gmail.com

ABSTRAK

Dalam penelitian ini akan dirancang alat pengendali suhu dan salinitas air pada akuarium ikan badut (*Amphiprion percula*). Kontroler yang digunakan adalah kontroler on/off untuk pengendalian suhu dan kontroler dengan logika fuzzy untuk pengendalian salinitas air. Perekaman yang dilakukan menggunakan sensor suhu dan sensor salinitas yang berbasis sensor *hall effect* yang digunakan untuk merekam kondisi suhu dan salinitas air pada akuarium. Plant pada penelitian ini adalah akuarium dan aktuator pada sistem yaitu kipas dan *heater* untuk akuarium sebagai aktuator pengendalian suhu dan dua pompa untuk memompa air tawar dan air asin sebagai aktuator pengendalian salinitas. Metode fuzzy yang digunakan adalah metode Mamdani *weighted Average*.

Kata Kunci: Pengendali suhu dan salinitas, ikan badut, kontroler on/off, logika fuzzy.

ABSTRACT

In this research, we design the appliance to control water temperature and salinity of clownfish (*Amphiprion percula*) aquarium. The controller used is an on/off controller for controlling water temperature and fuzzy logic controller for controlling water salinity. The temperature and salinity is captured by temperature sensor and salinity sensor and salinity sensor based on hall effect sensor. The plant in this research is aquarium and the actuators is fan and aquarium heater as an actuators to controlling the temperature and two pumps or pumping the fresh and saline water as an actuators to controlling water salinity. The fuzzy method is weighted average Mamadani method.

Keywords: Temperature and salinity controller, clownish, on/off controller, fuzzy logic.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang memiliki sumber daya laut yang melimpah. Hasil dari penelitian Badan Informasi Geospasial (2013), panjang total garis pantai Indonesia yang mencapai 99.093 km membuat Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk pengembangan budidaya biota laut. Upaya pemanfaatan sumber daya laut yang optimal merupakan tuntutan bagi masyarakat untuk meningkatkan kemakmuran dan kesejahteraan masyarakat, memperluas lapangan kerja dan memberikan peluang usaha yang lebih besar, salah satunya adalah peluang usaha dalam pengembangan akuarium air asin atau air laut. Pemilihan ikan badut dalam penelitian ini dikarenakan ikan badut dapat dibudidayakan dan termasuk ikan hias air asin yang banyak ditemukan di Indonesia. Selain itu, ditinjau dari faktor ekonomi ikan badut juga ikan yang dapat dikatakan murah sehingga menjadi ikan yang banyak diminati para pecinta ikan hias air asin. Kendala yang sering terjadi dalam mengembangkan akuarium air asin / air laut adalah menjaga parameter kualitas air agar ikan pada akuarium air asin / laut dapat berkembang dengan baik. Parameter – parameter tersebut misalnya salinitas, kesadahan, ph air, zat, fosfat, unsur – unsur trase, nitrat, kapur, dan tempertur dari air tersebut[4].

Pada penelitian ini akan akan dirancang alat pengendali suhu dan salinitas air pada akuarium ikan badut (*Amphiprion percula*) agar keadaan parameter suhu dan salinitas air dalam akuarium dapat terjaga dengan suhu sekitar 25°C–28°C dan dengan salinitas

sekitar 26.6-33.2 ppt. Sensor yang digunakan untuk melakukan perekaman keadaan suhu dan salinitas yaitu sensor suhu dan sensor salinitas berbasis sensor *hall effect*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Akuarium Air Laut

Akuarium (*aquarium* – *aqua* dalam bahasa latin berarti air dan akhiran *-rium* artinya tempat atau banunan) adalah suatu tempat, yang umumnya terbuat dari bahan gelas atau plastik tembus pandang, berisi air dengan ikan, binatang, dan tumbuhan hidup didalamnya [4]. Wujud akuarium laut merupakan suatu wadah untuk menampilkan kehidupan ekosistem laut dengan kondisi lingkungan yang dibuat menyerupai aslinya. Dalam kamus besar bahasa indonesia terbitan Balai Pustaka, akuarium memiliki pengertian yaitu suatu tempat atau sarana dimana koleksi-koleksi yang berhubungan dengan kehidupan dalam air disimpan dan diperagakan. Wujud akuarium betupa bak kaca (biasanya diberi tanaman air, dll) tempat memelihara ikan hias.

B. Ikan Badut (*Clownfish*)

Ikan badut atau dikenal juga sebagai ikan giru atau ikan nemo adalah ikan kecil dari famili *Pomacentridae*. Terdapat 30 spesies yang umum disebut sebagai ikan badut. 29 spesies dikelompokan dalam genus *Amphiprion* dan sisanya 1 spesies sebagai anggota *Premnas*. Spesies ini pertama kali dikenalkan oleh Lacepede pada tahun 1802 dengan nama ilmiah *Lutjanus percula* yang selanjutnya dikenalkan kembali dengan nama *Amphiprion percula*. *Amphiprion percula*

berwarna jingga terang dengan tiga garis putih pada tubuhnya. Ikan badut asli dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 *Amphiprion percula*

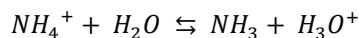
Seperti semua ikan anemon, *A. percula* membentuk hubungan simbiosis dengan anemon laut dengan menggunakan inangnya baik sebagai tempat tinggal atau perlindungan dari predator. Simbiosis melibatkan *A. percula* dan spesies anemon laut seperti *Heteractis magnifica*, *Stichodactyla gigantean*, dan *Stichodactyla mertensii* biasanya ditemukan di alam. Kedua simbiosis ini berada di perairan pantai yang dangkal tropis di mana kedalaman jarang melebihi 12 meter dan rentang suhu air 25°C - 28°C [5].

C. Suhu Air Laut

Laut tropis merupakan lingkungan yang paling stabil di dunia. Umumnya isi akuarium berasal dari daerah tropis, oleh karena itu keadaan akuarium laut harus mendekati keadaan tersebut. Organisme perairan seperti ikan maupun udang mampu hidup baik pada kisaran suhu 20 - 30°C. Perubahan suhu di bawah 20°C atau di atas 30°C menyebabkan ikan mengalami stres yang biasanya diikuti oleh menurunnya daya cerna. Suhu dalam akuarium harus berada di sekitar 26°C, dan tidak boleh lebih dari 30°C [4].

D. Amonia

Pengaruh amonia bagi kondisi lingkungan sudah banyak dipelajari secara mendalam. Amonia bersifat racun baik pada ikan air tawar atau bagi ikan air laut. Dalam larutan, terdapat 2 bentuk amonia, terionisasi (NH_4^+) dan tidak terionisasi (NH_3), direpresentasikan dengan persamaan :



Wuhrmann dan Woker 1948, bersama Downing dan Merckens 1955 dalam Carol E. Bower dan Joseph P. Bidwel, NH_3 dianggap sebagai bentuk amonia yang merupakan racun bagi ikan air tawar dan air laut. Kadar amonia dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti suhu, salinitas dan PH air. Konsentrasi NH_3 semakin besar ketika suhu bertambah, dan semakin kecil ketika salinitas semakin besar [3].

E. Salinitas

Air laut secara alami merupakan air *saline* dengan kandungan garam sekitar 3,5% atau 35 ‰ / 35 ppt (*part per thousand*). Beberapa danau garam di daratan dan beberapa lautan memiliki kadar garam lebih tinggi dari air laut umumnya. Berdasarkan persentase garam terlarut, salinitas air dibagi menjadi 4 kondisi. Jika persentase garam terlarut dalam air < 0,05 ‰ air dikategorikan sebagai air tawar, 0,05 - 3 ‰

dikategorikan sebagai air payau, 3 - 5 ‰ dikategorikan sebagai air *saline*, dan > 5 ‰ dikategorikan sebagai air *brine*. Faktor utama yang mempengaruhi salinitas air laut pada laut lepas adalah penguapan, curah hujan dan jumlah sungai yang bermuara pada laut tersebut.

F. Kontroler Logika Fuzzy

Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kendali mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Hal ini disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya karakteristik plant harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu subsistem yaitu seperti kontroler. Prinsip kerja kontroler adalah membandingkan nilai actual keluaran plant dengan nilai referensi, kemudian menentukan nilai kesalahan dan akhirnya menghasilkan sinyal kontrol untuk meminimalkan kesalahan [1].

Kontroler logika *fuzzy* adalah sistem berbasis aturan (*rule based system*) yang didalamnya terdapat himpunan aturan *fuzzy* yang mempresentasikan mekanisme pengambilan keputusan. Aturan yang dibuat digunakan untuk memetakan variabel input ke variabel output dengan pernyataan *If-Then*.

Kontroler ini akan menggunakan data tertentu (*crisp*) dari sejumlah sensor kemudian mengubahnya menjadi bentuk linguistik atau fungsi keanggotaan melalui proses fuzzifikasi. Lalu dengan aturan *fuzzy*, *inference engine* yang akan menentukan hasil keluaran *fuzzy*. Setelah itu hasil ini akan diubah kembali menjadi bentuk numerik melalui proses defuzzifikasi [2].

III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

A. Penentuan Spesifikasi Alat

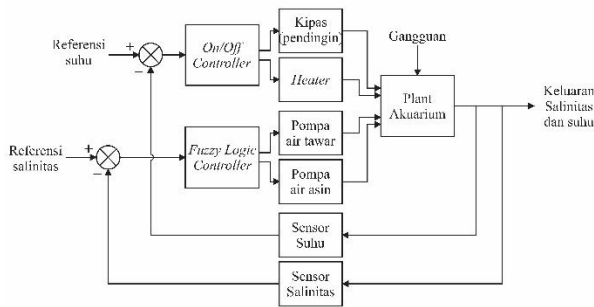
Penetapan spesifikasi alat secara umum dilakukan sebagai acuan dalam perancangan berikutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut :

- 1) Akuarium berbahan dasar kaca dengan ketebal 5mm berukuran 40cm x 45 cm x 35 cm..
- 2) Sensor suhu yang digunakan adalah sensor suhu DS12B20 *waterproof*.
- 3) Sensor salinitas yang digunakan adalah sensor salinitas hasil perancangan dengan berbasis hidrometer dan sensor *hall effect*.
- 4) *Actuator* yang digunakan adalah kipas, pemanas akuarium (*heater*) dan pompa DC 6V.
- 5) Menggunakan *Driver Dual Motor Controller L928N H-Bridge*.
- 6) Menggunakan modul relay 5V.
- 7) Menggunakan LCD *screen* 16x2.
- 8) Perangkat keras kontroler yang digunakan adalah Arduino Due

B. Perancangan Diagram Blok Sistem

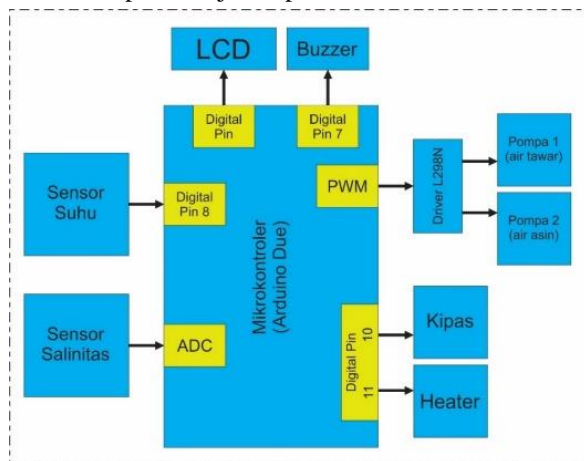
Diagram blok sistem secara garis besar terbagi dalam dua bagian utama, yaitu *loop* dalam pengontrolan parameter salinitas dan *loop* untuk pengontrolan parameter suhu. Kontroler yang digunakan untuk pengontrolan suhu menggunakan metode *on/off controller*, sedangkan untuk pengontrolan salinitas air

menggunakan metode *fuzzy logic controller*. Pemilihan metode tersebut didasarkan atas karakteristik masing-masing parameter. Diagram blok sistem dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Blok Sistem Pengendalian Suhu dan Salinitas

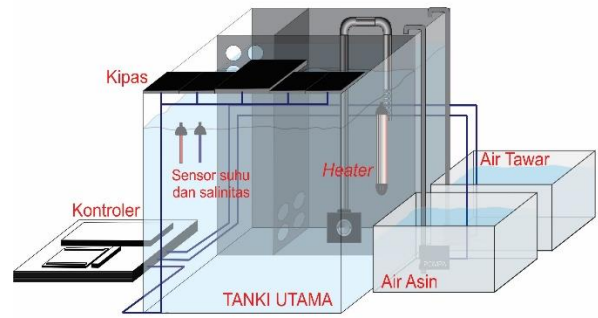
Pemilihan *on/off controller* untuk pengendalian suhu disebabkan karakteristik suhu yang perubahannya yang lambat, sehingga *on/off controller* dirasa paling optimum dalam aplikasi pengendalian suhu. Untuk metode pengendalian salinitas air dalam akuarium menggunakan metode *fuzzy logic controller*. Pemilihan *fuzzy logic controller* sebagai kontroler utama dalam pengendalian salinitas air didasarkan pada karakteristik dari perubahan salinitas terhadap waktu yang sangat lambat karena faktor penguapan yang mempengaruhi salinitas air berubah dengan lambat. Selain itu, pengontrolan salinitas pada akuarium ikan badut ini lebih baik jika perubahan yang terjadi setelah aksi kontrol dilakukan tidak derastis atau dalam kata lain *raise time (Tr)* tidak teralu cepat dan curam. Diagram blok alat dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Blok Alat Pengendalian Suhu dan Salinitas.

C. Perancangan Mekanik

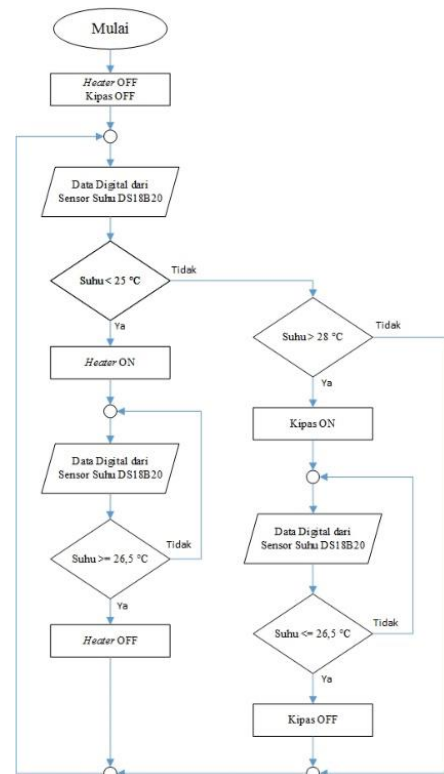
Perancangan mekanik alat pengendalian suhu dan salinitas air pada akuarium ikan badut (*Amphiprion percula*) meliputi desain alat secara keseluruhan dengan menggunakan *software Corel Draw*. Perancangan menggunakan bahan – bahan kaca dengan tebal 5mm untuk tangki utama akuarium, 2 tangki plastik ukuran 24cm x 18cm x 12cm, kontroler utama serta sensor dan actuator yan diperlukan. Mekanik alat dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Mekanik Alat Pengendalian Suhu dan Salinitas.

D. Perancangan Perangkat Lunak Kontrol Suhu.

Perancangan perangkat lunak kontrol suhu secara garis besar meliputi pengenalan port yang akan digunakan dengan melakukan spesifikasi port tersebut sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan misalnya port *I/O* dan port *serial* untuk *log* data suhu yang terbaca oleh sensor ke komputer. Diagram alir perangkat lunak kontrol suhu dapat ditunjukkan pada Gambar 5.

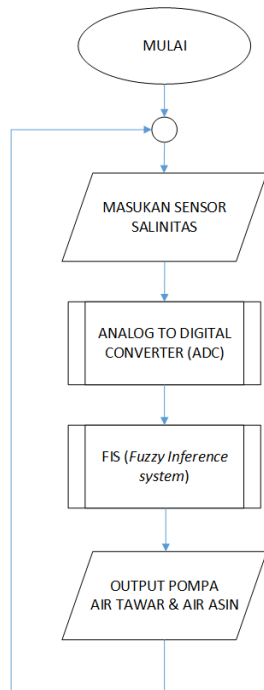


Gambar 5 Diagram Alir Perangkat Lunak Kontrol Suhu.

E. Perancangan Perangkat Lunak Kontrol Salinitas

Perancangan perangkat lunak kontrol salinitas air pada penelitian ini menggunakan logika *fuzzy* dalam menjalankan proses kontrol. Dalam perancangan perangkat lunak disini, digunakan program Matlab sebagai pembantu dalam merancang kontrol logika *fuzzy* dengan *tools* yang telah disediakan. Dengan program Matlab, perancang juga dapat melihat hasil *surface* dan mensimulasikan aturan *fuzzy* atau *rule* yang telah dibuat. proses perancangan kontroler dengan menerapkan logika *fuzzy*, yaitu terdiri dari fuzzifikasi, menentukan aturan *fuzzy (fuzzy rule)*, menentukan inferensi *fuzzy*

dengan metode inferensi Mamdani, dan defuzzifikasi dengan metode *weighted average*. Diagram alir perangkat lunak kontrol salinitas dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram Alir Perangkat Lunak Kontrol Salinitas.

1) Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel non fuzzy (variabel numerik) menjadi variabel fuzzy (variabel linguistik) dalam bentuk derajat keanggotaan atau fungsi keanggotaan masukan dan keluaran.

Dalam derajat keanggotaan masukan, Terdapat dua variabel yang akan diproses dalam fuzzifikasi ini, yaitu *error* dan *delta error* dari keluaran sensor salinitas. *Error* adalah selisih antara nilai keluaran terhadap *setpoint* yang diinginkan, *delta error* adalah selisih antara *error* sekarang dengan *error* sebelumnya. Pada masing-masing variabel, terdiri dari 5 label, yaitu *Negative Big* (NB), *Negative Small* (NS), *Zero* (Z), *Positive Small* (PS) dan *Positive Big* (PB). Range nilai variabel *error* adalah -6 s/d 6 dan range nilai variabel *delta error* adalah -1 s/d 1.

Dalam derajat keanggotaan keluaran, juga terdapat dua variabel, yaitu derajat keanggotaan pompa air tawar dan pompa air asin. Pada masing-masing variabel, terdiri dari 5 label, yaitu *Zero* (Z), *Very Small* (VS), *Small* (S), *Big* (B) dan *Very Big* (VB). Range nilai dari keluaran adalah range nilai dari pwm mikrokontroler dengan resolusi 8 bit, artinya dengan nilai yang memiliki range 0 – 255 sebanding dengan pwm dengan *duty cycle* dari 0 – 100 %.

2) Menentukan aturan fuzzy

Aturan *fuzzy* atau *rule* adalah aturan yang menentukan nilai keluaran setelah fuzzifikasi yang akan diproses pada defuzzifikasi yang dalam penentuan

aturan ini cenderung tergantung pada *plant* dan pengalaman dari perancang. Jumlah aturan *fuzzy* yang digunakan sebanyak 25 aturan yang diperoleh dari 5 fungsi keanggotaan masukan *error* dan *delta error*. Tabel aturan *fuzzy* keluaran dapat ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Aturan Fuzzy Pompa Air Tawar

		Error				
		NB	NS	Z	PS	PB
Delta Error	NB	Z	Z	Z	S	VB
	NS	Z	Z	Z	S	B
	Z	Z	Z	Z	S	B
	PS	Z	Z	Z	Z	Z
	PB	Z	Z	Z	Z	Z

Tabel 2 Aturan Fuzzy Pompa Air Asin

		Error				
		NB	NS	Z	PS	PB
Delta Error	NB	Z	Z	Z	Z	Z
	NS	Z	Z	Z	Z	Z
	Z	B	S	Z	Z	Z
	PS	B	S	Z	Z	Z
	PB	VB	S	Z	Z	Z

3) Inferensi

Inferensi *fuzzy* Dengan Metode Inferensi Mamdani dikenal juga dengan metode min – max. Inferensi adalah proses mendapatkan keluaran dari *IF-THEN rule*. Selain itu ada juga operasi *and*, *or* dan *not* yang digunakan untuk koneksi antara variabel input atau variabel output. Pada proses inferensi ini, *rule* yang dibuat akan dievaluasi dan didapatkan suatu daerah output.

4) Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah keluaran *fuzzy* menjadi keluaran *crisp*. Hasil defuzzifikasi digunakan untuk mengatur kecepatan motor pompa. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *weighted average*. Metode *weighted average* sering digunakan karena efisien dan tidak terlalu rumit dalam perhitungannya. Persamaan dibawah adalah persamaan keluaran untuk mengubah keluaran menjadi keluaran *crisp* (berbentuk non-fuzzy).

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Pengujian Sensor Suhu DS18B20

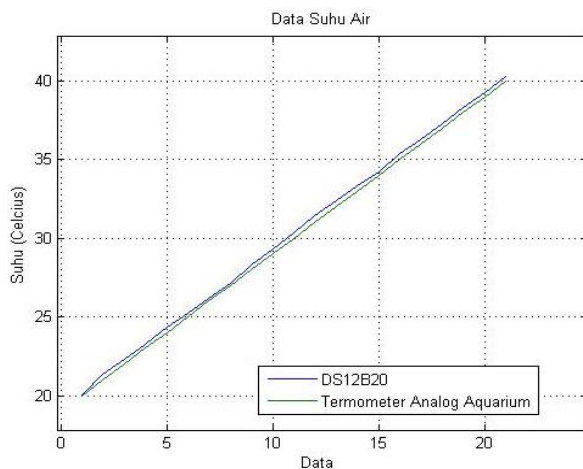
Pengujian sensor suhu DS12B20 *Waterproof* bertujuan untuk menguji keluaran sensor serta memberikan gambaran jika dibandingkan dengan termometer untuk akuarium pada umumnya, serta eror yang timbul diandingkan dengan termometer. Pengujian sensor suhu DS12B20 *Waterproof* membutuhkan termometer akuarium dan komunikasi serial pada mikrokontroler agar data dapat direkam langsung oleh komputer.

Pada pengujian sensor suhu DS12B20 *Waterproof* ini variabel yang diamati adalah keluaran suhu yang terbaca oleh sensor dengan range suhu 20°C - 40°C dengan kenaikan setiap 1°C. Pengujian dilakukan dengan cara memasukan sensor suhu dan termometer akuarium kedalam air percobaan dan pencuplikan nilai suhu yang terbaca oleh sensor dilakukan ketika termometer menunjukkan suhu air dengan range suhu 20°C - 40°C dengan kenaikan setiap 1°C. Percobaan dilakukan pada range 20°C - 40°C sudah memenuhi karena *setpoint* sistem ini tercakupi (25°C - 28°C). Hasil Pengujian Sensor Suhu DS12B20 dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Suhu DS12B20 *Waterproof*

Termometer	DS12B20 <i>Waterproof</i>	<i>error</i>
20 °C	20,01 °C	0,01 °C
21 °C	21,38 °C	0,38 °C
22 °C	22,31 °C	0,31 °C
23 °C	23,25 °C	0,25 °C
24 °C	24,35 °C	0,35 °C
25 °C	25,25 °C	0,25 °C
26 °C	26,18 °C	0,18 °C
27 °C	27,11 °C	0,11 °C
28 °C	28,31 °C	0,31 °C
29 °C	29,31 °C	0,31 °C
30 °C	30,31 °C	0,31 °C
31 °C	31,44 °C	0,44 °C
32 °C	32,38 °C	0,38 °C
33 °C	33,31 °C	0,31 °C
34 °C	34,25 °C	0,25 °C
35 °C	35,39 °C	0,39 °C
36 °C	36,3 °C	0,3 °C
37 °C	37,3 °C	0,3 °C
38 °C	38,3 °C	0,3 °C
39 °C	39,3 °C	0,3 °C
40 °C	40,3 °C	0,3 °C

Berdasarkan data diatas, *error* pembacaan sensor suhu ini cukup kecil. Jika dirata-rata *error* hanya sekitar 0,278 °C. Percobaan ini juga dapat membuktikan bahwa sensor berjalan dengan baik dan sesuai dengan *datasheet* yang tersedia. Gambar grafik perbandingan antara termometer dan keluaran Sensor Suhu DS12B20 *Waterproof* dapat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik Data Termometer dan Sensor Suhu DS12B20

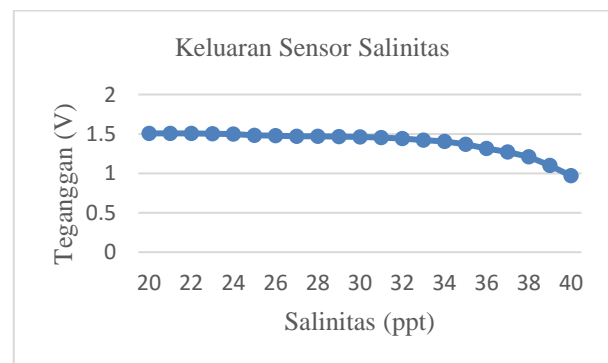
B. Pengujian Sensor Salinitas

Pengujian sensor salinitas bertujuan untuk mengkalibrasi sensor yang telah dibuat serta menguji keluaran karakteristik sensor salinitas yang berbasis sensor *hall effect* tersebut. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengujinya pada air yang memiliki salinitas yang berbeda dengan range salinitas 20 – 40 ppt dan dengan *step* 1 ppt. Setiap 5 detik data akan dimasukkan kedalam *data log* yang telah dibuat hingga terkumpul 400 data. Hasil rata – rata dari 400 data keluaran sensor salinitas berbasis sensor *hall effect* ini dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Keluaran Sensor Salinitas Berbasiskan Sensor *hall effect*

Salinitas	Vout Sensor
20 ppt	1.506125 V
21 ppt	1.506995 V
22 ppt	1.505125 V
23 ppt	1.502275 V
24 ppt	1.498425 V
25 ppt	1.48425 V
26 ppt	1.47995 V
27 ppt	1.47125 V
28 ppt	1.46995 V
29 ppt	1.46425V
30 ppt	1.46125 V
31 ppt	1.45425 V
32 ppt	1.44125 V
33 ppt	1.42275 V
34 ppt	1.40425 V
35 ppt	1.370275 V
36 ppt	1.315125 V
37 ppt	1.270125 V
38 ppt	1.210995 V
39 ppt	1.102275 V
40 ppt	0.969125 V

Range pengujian 20 – 40 ppt dapat dilaksanakan karena sudah mewakili range yang dibutuhkan sebagai *setpoint*, yaitu 26.6 - 33.2 ppt. Agar limit dari *setpoint* tidak dilewati, maka penulis membulatkan *setpoint* menjadi 28 - 32 ppt. Grafik dari data diatas dapat ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik Data Keluaran Sensor Salinitas Berbasiskan Sensor *hall effect*

Pada gambar diatas, dapat diketahui karakteristik dari sensor salinitas berbasis sensor *hall effect* ini tidak linier, sehingga penulis melakukan 2 kali regresi linear yang dapat dianggap menggambarkan kondisi data yang berlaku untuk limit data dari 20 ppt hingga 40 ppt. Regresi yang pertama untuk data 20 – 34 ppt, karena pada data diatas keluaran sensor turun dengan curam pada data ke 34. Regresi kedua dilakukan dari data 34 –

40 ppt. Untuk memperoleh persamaan terhadap data diatas, bentuk umum regresi linear dapat dituiskan:

$$y = a_0 + a_1x \quad (4-1)$$

Untuk mendapatkan persamaan tersebut, a_0 , a_1 , dan a_2 didapatkan dari sistem persamaan linier:

$$na_0 + a_1 \sum x_i = \sum y_i \quad (4-2)$$

$$a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^2 = \sum y_i x_i \quad (4-3)$$

Untuk data 1 – 15 (20 – 34 ppt) dengan cara diatas, didapatkan sistem persamaan linear:

$$15 a_0 + 405 a_1 = 22,072$$

$$405 a_0 + 11215 a_1 = 594,06$$

Solusi dari SPL diatas adalah :

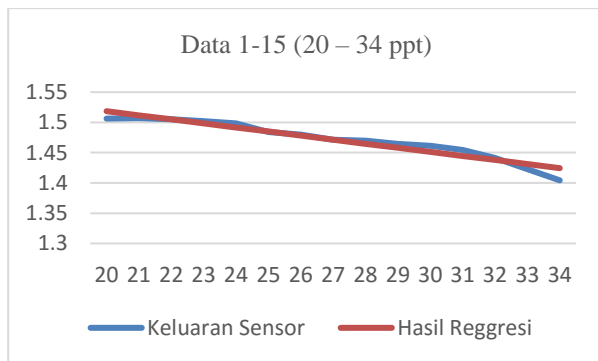
$$a_0 = 1,652972238$$

$$a_1 = -0,00672243$$

Jika kita substitusikan nilai a_0 dan a_1 pada persamaan (4-1) diatas maka didapatkan:

$$y_1 = 1,652972238 + (-0,00672243 x)$$

Persamaan diatas adalah persamaan yang menggambarkan keluaran sensor untuk data 1-15 (20 – 34 ppt). Grafik data dan hasil regresi data 1-15 (20 – 34 ppt) dapat ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Kurva Keluaran Sensor Salinitas dan Hasil Regresi Data 1-15 (20 – 34 ppt).

Dengan sama seperti cara diatas, dilakukan regresi terhadap data dari 15 – 21 (34 – 40 ppt), didapatkan sistem persamaan linear:

$$7 a_0 + 259 a_1 = 8,64217$$

$$259 a_0 + 9611 a_1 = 317,814785$$

Solusi dari SPL diatas adalah :

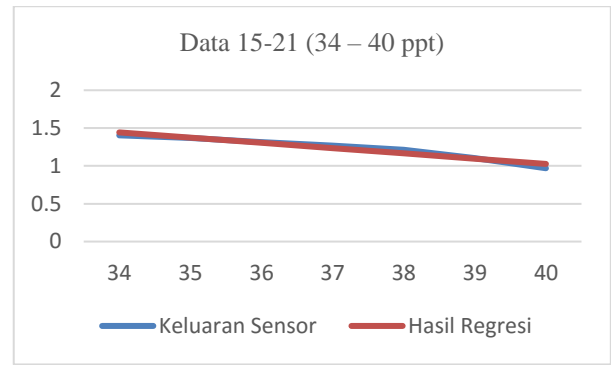
$$a_0 = 3.805441607$$

$$a_1 = -0.069482321$$

Jika kita substitusikan nilai a_0 dan a_1 pada persamaan (4-1) diatas maka didapatkan:

$$y_2 = 3.805441607 + (-0.069482321 x)$$

Persamaan diatas adalah persamaan yang menggambarkan keluaran sensor untuk data 15–21 (34–40 ppt). Grafik data dan hasil regresi data 15–21 (34–40 ppt) dapat ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Kurva Keluaran Sensor Salinitas dan Hasil Regresi Data 15 – 21 (34 – 40 ppt).

Untuk mencari persamaan yang menggambarkan keseuruhan sistem dari dua regresi tersebut, dicari nilai pada sumbu x (nilai dari salinitas) agar kedua persamaan memiliki hasil yang sama, atau dalam arti lain nilai pada sumbu y sama untuk mencari batas persamaan yang terpenuhi.

$$y_1 = y_2$$

$$1,652972238 + (-0,00672243 x) = 3,805441607 + (-0,069482321 x)$$

$$-0,00672243 x + 0,069482321 x = 3,805441607 - 1,652972238$$

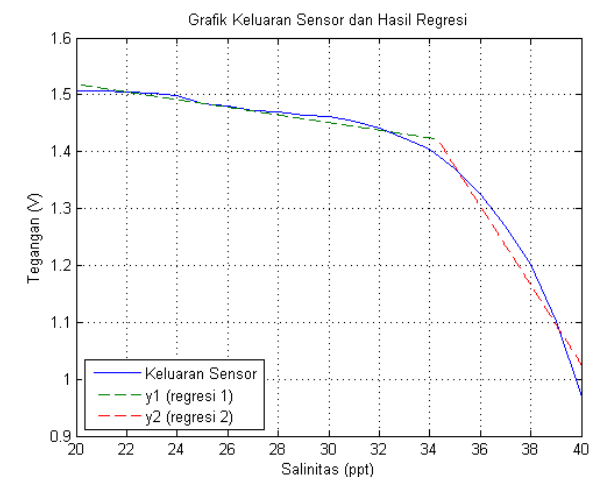
$$0,062759891 x = 2,152469369$$

$$x = 34,29689464 \approx 34,23$$

Setelah didapatkan batas nilai x antara kedua persamaan, maka dapat dituliskan hasil regresi yang menggambarkan

$$f(x) = \begin{cases} 1,6529 + (-0,0067 x), & 20 \leq x < 34,23 \\ 3,8054 + (-0,0694 x), & 34,23 \leq x < 40 \end{cases}$$

Grafik keluaran sensor serta persamaan kedua hasil regresi dengan batas yang telah ditentukan diatas ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Grafik Keluaran Sensor dan Hasil Regresi

Setelah didapatkan regresi dari data keluaran sensor, dilakukan percobaan kembali terhadap sensor dengan salinitas yang berbeda – beda. Tabel hasil pengujian sensor dapat ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Sensor Salinitas

Salinitas Air	Pembacaan Sensor
20	21,6426
21	21,7080
22	22,5410
23	23,4420
24	24,3110
25	25,7593
26	26,3534
27	27,6286
28	28,4250
29	29,9208
30	29,9883
31	31,2676
32	32,5631
33	32,6849
34	33,5749
35	35,0876
36	36,2948
37	37,4172
38	38,6088
39	39,1156
40	39,3760

Hasil pengambilan data diatas dilakukan dengan mengambil 120 data pada masing – masing tingkatan salinitas, kemudian dirata-rata kan. Dari data diatas, dapat diketahui *error* rata – rata yang terjadi sebesar 1,83 %. Dengan *error* yang cukup kecil, sensor tersebut dapat digunakan sebagai pengukur salinitas air.

C. Pengujian ADC Mikrokontroler

ADC (*Analog to Digital Converter*) adalah proses pengubahan sinyal analog yang dihasilkan oleh sensor menjadi sinyal digital agar dapat diproses oleh mikrokontroler. Resolusi ADC pada mikrokontroler Arduino Due dapat diprogram dengan resolusi dari 8, 10, 12, dan 16 bit. Tegangan kerja Arduino Due adalah sebesar 3,3V sehingga untuk ADC dengan 10 bit (resolusi *default* ADC Arduino) tegangan masukan 0 – 3,3 V setara dengan nilai digital dari 0 – 1023. Menurut teori yang telah dibahas sebelumnya, resolusi ADC 3,2226 mV artinya setiap kenaikan 3,2226 mV pada keluaran sensor, nilai ADC yang terbaca oleh mikrokontroler akan mengalami kenaikan sebesar 1 nilai. Dengan menaikkan *input* atau masukan analog pada pin analog Arduino kita dapat membandingkan antara teori dan praktik pada lapangan. Hasil dari pengujian ADC dapat ditunjukkan pada Tabel 6.

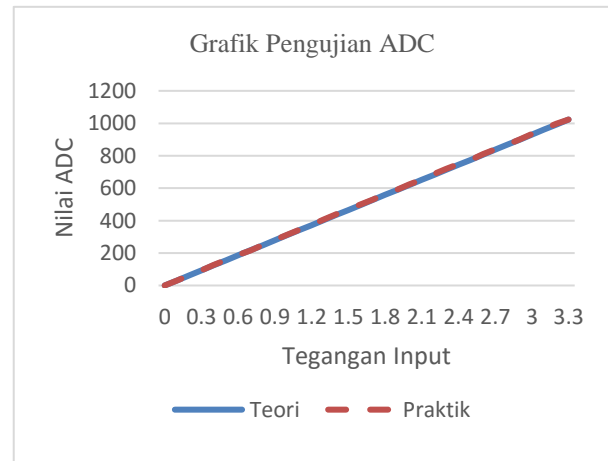
Tabel 6 Hasil Pengujian ADC Arduino Due

Input (V)	Nilai ADC	
	Perhitungan	Praktik
0	0	0
0,1	31	30
0,2	62	61
0,3	93	93
0,4	124	126
0,5	155	156
0,6	186	188
0,7	217	216
0,8	248	250
0,9	279	281
1	310	312
1,1	341	343
1,2	372	373
1,3	403	407
1,4	434	438
1,5	465	468
1,6	496	500
1,7	527	530

Tabel 6 Hasil Pengujian ADC Arduino Due

Input (V)	Nilai ADC	
	Perhitungan	Praktik
1,7	527	530
1,8	558	562
1,9	589	591
2	620	624
2,1	651	651
2,2	682	687
2,3	713	719
2,4	744	748
2,5	775	775
2,6	806	810
2,7	837	840
2,8	868	868
2,9	899	900
3	930	934
3,1	961	966
3,2	992	998
3,3	1023	1023

Dari data diatas, *error* yang terjadi setelah pengujian ADC sebesar 0.645 %, artinya ADC dari mikrokontroler Arduino Due memiliki kepresisian sangat baik. Gambar dari grafik pengujian ADC ditunjukkan pada Gambar 12.



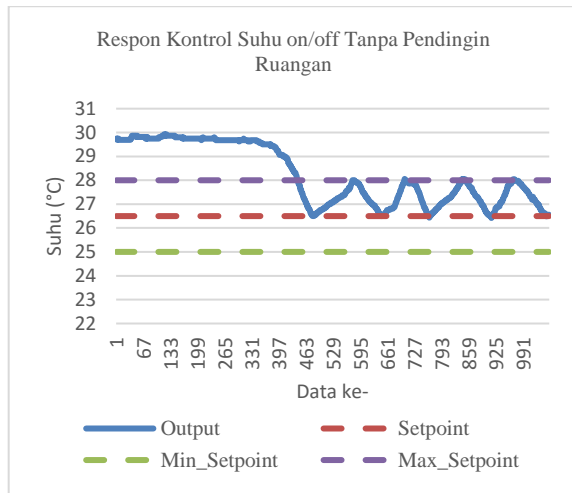
Gambar 12 Grafik Pengujian ADC Arduino Due

D. Pengujian Keseluruhan Sistem.

Setelah pengujian pada masing – masing komponen penyusun, pengujian keseluruhan sistem dilakukan. Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan tujuan mengetahui respon dan kestabilan sistem kontrol suhu dengan kontroler on/ff dan sistem kontrol salinitas air dengan kontroler logika *fuzzy*.

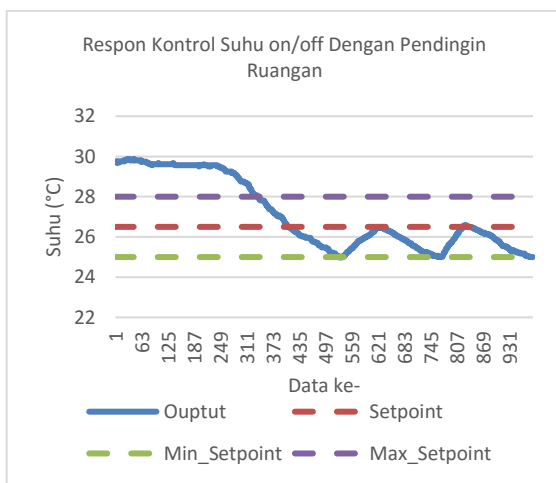
Pada kontrol suhu, metode yang digunakan adalah metode kontroler on/off. Pengujian dilakukan dua kali pengujian, yaitu dalam suhu ruangan dengan pendingin ruangan dan tanpa pendingin ruangan. Data diambil dengan *data logger* dengan menggunakan software Gobetwino. Data dikirimkan dari Arduino Due melewati komunikasi serial dan software Gobetwino akan mendapatkan data tersebut, kemudian menyimpan pada memori local PC.

Gambar respon dari kontrol suhu tanpa pendingin ruangan dapat ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Grafik respon kontrol suhu on/off tanpa pendingin ruangan

Pada gambar 13, dapat diketahui bahwa kontroler ON/OFF ini dapat mempertahankan suhu dengan range antara 25 – 28 °C. Pada saat suhu air lebih dari 28 °C saat sistem pertama kali dijalankan, kipas aktif sehingga menurunkan suhu hingga suhu mencapai 26,5 °C. Setelah mencapai suhu 26,5 °C kipas mati, kemudian suhu air naik kembali. Ketika suhu air naik kembali hingga mencapai 28 °C, kipas aktif kembali, begitu seterusnya. Pengujian selanjutnya yaitu plant ditempatkan pada ruangan dengan pendingin ruangan. Gambar respon dari kontrol suhu dengan pendingin ruangan dapat ditunjukkan pada Gambar 14.

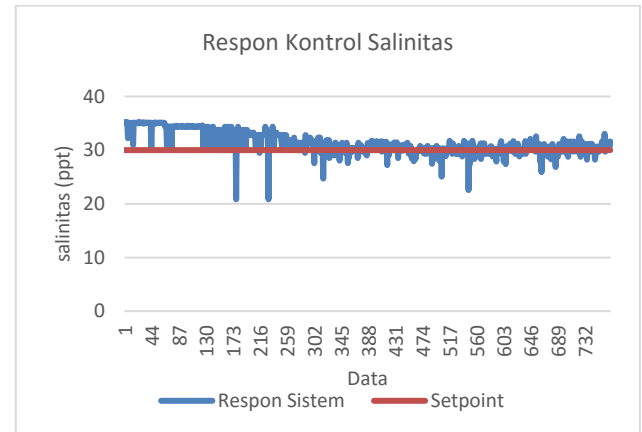


Gambar 14 Grafik respon kontrol suhu on/off dengan pendingin ruangan

Ketika sistem ditempatkan pada ruangan dengan pendingin ruangan, suhu air turun hingga mencapai 25 °C, kemudian pemanas akuarium (*heater*) aktif dan memanaskan air hingga mencapai 26,5 °C. Pada saat suhu mencapai suhu 26,5 °C, *heater* akan mati dan pendingin ruangan mendinginkan air akuarium kembali hingga 25 °C lalu *heater* aktif kembali, begitu seterusnya.

Pengambilan data kontrol salinitas air pada sistem dilakukan pada air laut yang memiliki salinitas sekitar 35 ppt dengan durasi 4 jam. *Data logging* yang dilakukan pada kontrol salinitas ini sama seperti pada

kontrol suhu. Dengan data yang didapatkan dari sensor salinitas, didapatkan respon sistem pada kontrol salinitas dengan logika *fuzzy*. Respon sistem kontrol salinitas air pada akuarium ikan badut dapat ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Grafik Respon Kontrol Salinitas

Dari data yang telah didapatkan, dapat diketahui bahwa diketahui *error steady state* yaitu sekitar 1,7476 ppt atau sekitar 5,825 %. Tetapi ada gangguan yang terjadi cukup besar yang diakibatkan oleh sensor yang kurang baik. Pembacaan sensor fluktuatif juga diakibatkan oleh gelombang air yang mempengaruhi hidrometer.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Perancangan perangkat keras alat direalisasikan dengan membuat diagram blok keseluruhan sistem dan selanjutnya merancang subsistem yang terdiri dari perancangan sensor dan aktuator.
2. Perancangan perangkat lunak atau *software* sistem dengan membuat *flowchart* kontroler on/off untuk mengontrol parameter suhu dan kontroler logika *fuzzy* untuk mengontrol parameter salinitas yang selanjutnya diaplikasikan pada program Arduino Due.
3. Kontrol suhu air pada akuarium ikan badut menggunakan kontroler on/off dengan *setpoint* 25 °C - 28 °C dapat berjalan dengan baik dengan *error steady state* sebesar 3,12 % dengan pendingin ruangan mati dan *error steady state* sebesar 2,75 % dengan pendingin ruangan menyala terhadap nilai tengah (26,5 °C).
4. Kontrol salinitas air pada akuarium ikan badut menggunakan kontroler logika *fuzzy* dengan *setpoint* 27 – 33 ppt dapat berjalan dengan baik dengan *error steady state* sebesar 1,7476 ppt atau sekitar 5,825 % terhadap nilai tengah *setpoint* (30 ppt).
5. Dalam percobaan yang dilakukan selama ±2 bulan hingga makalah ilmiah ini selesai, ikan badut dapat hidup dan tidak mengalami kematian, yang sebelumnya hanya dapat bertahan hidup ±20 hari tanpa menggunakan kontroler suhu dan salinitas dengan perlakuan selain parameter suhu dan salinitas yang sama.

B. Saran

1. Pengembangan selanjutnya dapat menggunakan sensor salinitas yang lebih baik agar *error* berkurang.
2. Pengembangan kontrol parameter lain seperti PH, kadar amonia, kadar zat kapur, nitrat, dll.
3. Pengembangan alat sebagai tempat pengembang biakan ikan laut tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bower, Carol E, & Joseph P. Bidwell. 1978. *Ionization of Ammonia in Seawater: Effects of Temperature, PH, and Salinity*. West Hartford, USA
- [2] Ogata, K. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Terjemahan Edi Leksono, Jakarta : Erlangga.
- [3] Yan, Jun., James Power, & Michael Ryan. 1994. *Using Fuzzy Logic*. New Jersey : Penerbit Prentice Hall.
- [4] Mismail, Budiono. 2010. *Akuarium Terumbu Karang*, Malang : Penerbit Universitas Brawijaya Press (UB Press).
- [5] Walsh, Margaret Paton. 2015. *Status Review Report: Orange Clownfish (Amphiprion percula)*. National Marine Fisheries Service.