

## KENDALI SALINITAS AIR MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC* PADA AQUARIUM IKAN NEMO

Andhika Ricky Setiawan<sup>1)</sup> Ira Puspasari<sup>2)</sup> Weny Indah Kusumawati<sup>3)</sup>

Program Studi/Jurusan Teknik Komputer

Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya

Jl. Raya Kedung Baruk 98 Surabaya, 60298

Email: 1)[andhikaricks@gmail.com](mailto:andhikaricks@gmail.com), 2)[ira@stikom.edu](mailto:ira@stikom.edu), 3)[weny@stikom.edu](mailto:weny@stikom.edu)

**Abstrak:** Ikan nemo atau biasa dikenal dengan nama ikan badut (*clownfish*) merupakan ikan karang tropis yang hidup di perairan hangat pada daerah terumbu karang dengan kedalaman kurang dari 50 cm dan berair jernih. Ikan nemo juga termasuk ikan yang sangat digemari oleh masyarakat sebagai ikan hias air laut karena mempunyai nilai ekonomi cukup tinggi. Sebagai makhluk hidup, ikan membutuhkan beberapa syarat yang ideal untuk mendukung kehidupannya. Kisaran parameter kualitas air yang baik bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan hias nemo diantaranya, suhu dengan nilai 27 – 30 °C; pH dengan nilai 7 – 8,5; DO (*Dissolve Oxygen*) dengan nilai 3,5 – 6,5 mg/L; salinitas atau kadar garam dengan nilai 30 – 34 ppt. Pada penelitian ini penulis menggunakan logika fuzzy metode Tsukamoto, yang memiliki dua *input* Salinitas dan Perubahan Salinitas, serta dua *output* yaitu Servo Asin dan Servo Tawar. Hasil keluaran derajat servo yang telah ditentukan oleh *fuzzy rules* digunakan sebagai pengendali putaran pada kran yang mengatur besar kecilnya katup untuk keluarnya air. Hasil yang diperoleh dari Perubahan Salinitas Tawar menjadi Salinitas Normal sebesar 0,01132 ppt/detik, sedangkan hasil perubahan salinitas asin menjadi Salinitas Normal sebesar 0,01138 ppt/detik.

**Kata Kunci:** Salinitas, Ikan Nemo, Logika Fuzzy, Metode Tsukamoto.

### PENDAHULUAN

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang memiliki lebih dari 17.000 pulau dengan garis pantai lebih dari 99.000 km. Indonesia memiliki wilayah laut yang sangat luas, dimana 2/3 dari wilayah negara ini adalah laut (Geotimes, 2017). Sebagian besar wilayah Indonesia yang berupa laut, menjadikan Indonesia sebagai negara maritim yang memiliki potensi besar di bidang kelautan. Besarnya potensi kekayaan laut yang dimiliki Indonesia salah satu diantaranya adalah untuk pengembangan biota laut yang beranekaragam (KKPRI, 2017). Potensi sumber daya laut yang besar dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai peluang usaha, salah satunya adalah dalam budidaya ikan hias aquarium air laut. Beberapa diantara ikan hias laut yang langka dan memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi telah dapat dilakukan proses pembudidaya dan pembenihannya.

Ikan hias laut yang digemari oleh masyarakat sebagai peluang usaha adalah ikan nemo atau ikan badut (*clownfish*), karena memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Sebagai ikan hias, nemo juga memiliki pangsa pasar yang luas dan merupakan salah satu jenis ikan hias yang diminati dikalangan penghobi ikan hias aquarium air laut karena harganya yang murah dan mudah ditemukan diberbagai daerah di Indonesia. Kendala yang sering terjadi dalam mengembangkan aquarium air laut adalah menjaga pengelolaan parameter kualitas air agar ikan pada aquarium air laut dapat berkembang dengan baik (Ruhyadi, et al., 2016). Terdapat kisaran parameter kualitas air yang baik untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nemo diantaranya, suhu dengan nilai 27 – 30°C; pH dengan nilai 7 – 8,5; DO (*Dissolve Oxygen*) dengan nilai 3,5 – 6,5 mg/L; salinitas/kadar garam dengan nilai 30 – 34 ppt (BPBL, 2014).

Metode sederhana yang selama ini masih biasa digunakan oleh para pembudidaya ikan hias sangat membutuhkan tenaga kerja untuk

mengontrol parameter kualitas air tersebut secara manual, sehingga terkadang kualitas air yang diharapkan tidak terpenuhi secara optimal. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya peningkatan metode dengan kontrol otomatis menggunakan sistem cerdas yang baik agar parameter kualitas air tetap stabil terjaga pada setpoint. Salah satu penerapan sistem cerdas yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem logika Fuzzy. Logika fuzzy merupakan komponen pembentuk sistem komputasi yang mendasarkan pada teori himpunan fuzzy. Logika fuzzy sering digunakan sebagai suatu cara untuk memetakan permasalahan dari *input* ke *output* yang diharapkan (Yazid, 2009).

Pada penelitian Tugas Akhir ini penulis berupaya membuat dan merancang alat pengendali kualitas air ikan nemo pada akuarium menggunakan desain mekanik yang berbeda dengan penelitian sebelumnya. Adapun parameter yang dikontrol yaitu salinitas (kadar garam terlarut), karena termasuk salah satu parameter kualitas air untuk menentukan kestabilan air bagi ikan nemo. Nilai *setpoint* pada parameter salinitas sekitar 30 – 34 ppt diolah menggunakan Fuzzy Logic metode Tsukamoto. Logika fuzzy digunakan untuk mengatur salinitas air dengan aktuator servo air asin dan servo air tawar yang hasil keluarannya telah ditentukan oleh *fuzzy rules*.

Dibandingkan dengan sistem logika lain, *fuzzy logic* bisa menghasilkan keputusan yang lebih adil dan lebih manusiawi. *Fuzzy logic* memodelkan perasaan atau intuisi dengan cara merubah nilai *crisp* menjadi nilai linguistik dengan *fuzzification* dan kemudian memasukkannya ke dalam *rules* yang dibuat berdasarkan pengetahuan. Kelebihan lain adalah *Fuzzy logic* cocok digunakan pada sebagian besar permasalahan yang terjadi di dunia nyata. Permasalahan di dunia nyata kebanyakan bukan biner dan bersifat non linier, sehingga *fuzzy logic* cocok digunakan karena menggunakan nilai linguistik yang tidak linier. Fuzzy dapat mengekspresikan konsep yang sulit untuk dirumuskan, seperti “suhu ruangan yang nyaman”.

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, penggunaan metode logika fuzzy diterapkan karena metode ini dapat memberikan hasil *output* yang lebih presisi dalam mengatur katup kran air yang dipasangkan dengan motor servo. Jika dibandingkan dengan metode manual atau kontrol *on/off* yang hanya mampu membuka dan menutup kran tanpa variasi nilai besaran katup. Jika kontrol *on/off*, besaran bukaan katup hanya berupa nilai biner, sedangkan logika Fuzzy bisa membuat katup membuka dengan besaran tertentu yang sesuai dengan kondisi air akuarium. Diharapkan alat yang

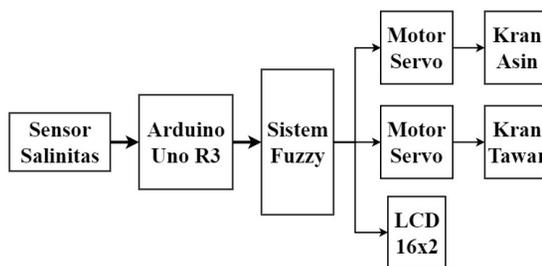
dibuat penulis lebih akurat dalam pembacaan sensor dan hasil keluaran yang lebih baik dari penelitian sebelumnya, sehingga menghasilkan nilai keluaran yang lebih tepat sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah perancangan sistem mekanik, perancangan perangkat elektronika dan pembuatan struktur program untuk melakukan kendali salinitas air pada aquarium ikan nemo. Pada perancangan sistem elektronika terdapat satu buah sensor salinitas, berfungsi untuk pendeteksi nilai salinitas yang terlarut dalam air pada aquarium ikan nemo. Dua output berupa dua buah aktuator motor servo, sebagai pengendali putaran untuk mengatur besar kecilnya katup pada dua kran air. Satu buah LCD 16x2, berfungsi untuk menampilkan data terhadap pengguna dalam informasi nilai dari sensor yang sedang membaca keadaan nilai salinitas air pada aquarium maupun nilai derajat pada motor servo.

Sistem kontrol ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai unit pengendali terpusat. Nilai salinitas yang telah terbaca oleh sensor diproses menggunakan logika fuzzy metode Tsukamoto pada Arduino Uno R3. Setelah diproses, berlanjut pada pengiriman instruksi terhadap aktuator berupa dua buah motor servo yang bekerja sesuai dengan aturan program yang telah ditetapkan pada *fuzzy rules*.

### Perancangan Sistem Kontrol Blok Diagram Sistem Kontrol

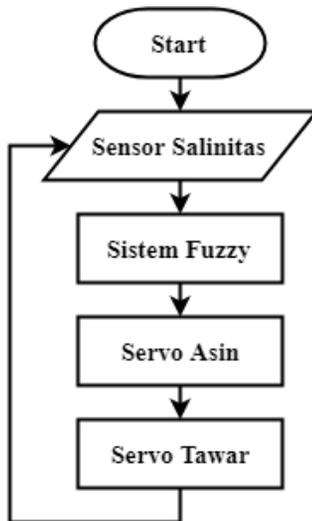


Gambar 1. Blok diagram keseluruhan sistem

Pada blok diagram gambar 1. dapat dijelaskan, nilai salinitas didalam air aquarium yang terbaca oleh sensor salinitas dikirim ke mikrokontroler Arduino Uno R3. Kemudian diproses oleh sistem logika fuzzy menggunakan rules yang telah ditetapkan. Selanjutnya Arduino Uno R3 mengirimkan perintah ke dua buah

aktuator motor servo sesuai dengan fuzzy rules yang telah ditentukan pada program.

### Flowchart Sistem Kontrol



Gambar 2. Flowchart sistem kontrol

Pada gambar 2 flowchart sistem kontrol dapat dijelaskan pembacaan nilai salinitas atau kadar garam terlarut dalam air pada aquarium dideteksi sensor salinitas. Kemudian nilai salinitas yang terbaca pada sensor diolah sistem logika fuzzy metode Tsukamoto menggunakan fuzzy rules yang sudah ditetapkan didalam program Arduino Uno R3. Setelah tahap pengolahan nilai yang didapatkan dari sensor, dilakukan pengiriman instruksi kepada dua buah aktuator servo asin dan servo tawar yang bekerja sesuai dengan aturan program yang telah ditetapkan pada fuzzy rules. Pembacaan sensor dilakukan secara terus menerus untuk menjaga kestabilan salinitas air pada aquarium ikan nemo dengan setpoint yang telah ditentukan.

### PERANCANGAN LOGIKA FUZZY

#### Fuzzy Metode Tsukamoto

Menurut (Kusumadewi & Purnomo, 2010) logika fuzzy metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton, setiap konsekuen aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan. Sebagai hasilnya, output hasil agregasi dari setiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan  $\alpha$ -predikat (*fire strength*). Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.

Menurut (Sutojo, et al., 2011) secara umum tahapan fuzzy metode Tsukamoto adalah sebagai berikut:

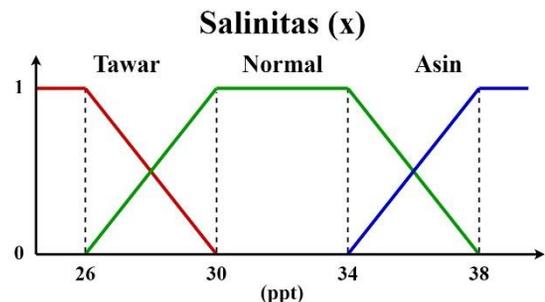
1. Fuzzifikasi, digunakan untuk menghitung himpunan fuzzy dalam fungsi keanggotaan yang sudah ditentukan.
2. Agregasi, menggunakan metode MIN untuk mencari nilai terkecil berdasarkan  $\alpha$ -predikat dari hasil perhitungan fuzzifikasi dengan aturan – aturan fuzzy yang telah ditentukan.
3. Defuzzifikasi, berfungsi untuk mencari nilai Zout sebagai hasil keluaran yang menggunakan metode rata – rata (*average*).

#### Input Sistem Fuzzy

Pada derajat keanggotaan fuzzy input terdapat dua variabel yang diproses dalam sistem fuzzy yaitu, Salinitas dan Perubahan Salinitas. Pada masing-masing himpunan input fuzzy terdapat 3 variabel linguistik. Berikut adalah derajat keanggotaan himpunan fuzzy input Salinitas dan Perubahan Salinitas:

##### a. Salinitas (x)

Salinitas adalah hasil pembacaan dari sensor salinitas yang mendeteksi kadar garam atau salinitas terlarut dalam air pada aquarium ikan nemo. Pada input himpunan fuzzy Salinitas terdapat 3 variabel linguistik yang terdiri dari Tawar, Normal dan Asin dengan variabel numerik yang memiliki rentang nilai 26 ppt s/d 38 ppt. Berikut himpunan fuzzy Salinitas pada gambar 3.



Gambar 3. Input himpunan fuzzy salinitas

Fungsi Keanggotaan:

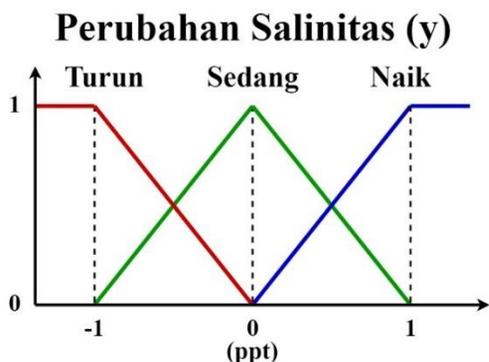
$$\mu_{Tawar}[SAL] = \begin{cases} 0 & ; SAL \geq 30 \\ \frac{(30-SAL)}{(30-26)} & ; 26 \leq SAL \leq 30 \\ 1 & ; SAL \leq 26 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{Normal}[SAL] = \begin{cases} 0 & ; 26 \geq SAL \geq 38 \\ \frac{(SAL-26)}{(30-26)} & ; 26 \leq SAL \leq 30 \\ \frac{(38-SAL)}{(38-34)} & ; 34 \leq SAL \leq 38 \\ 1 & ; 30 \leq SAL \leq 34 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{Asin}[SAL] = \begin{cases} 0 & ; SAL \leq 34 \\ \frac{(SAL-34)}{(38-34)} & ; 34 \leq SAL \leq 38 \\ 1 & ; SAL \geq 38 \end{cases} \quad (3)$$

b. Perubahan Salinitas (y)

Perubahan Salinitas adalah selisih antara nilai salinitas sekarang dengan salinitas sebelumnya. Pada *input* himpunan fuzzy Perubahan Salinitas terdapat 3 variabel linguistik yang terdiri dari Turun, Sedang dan Naik, dengan variabel numerik yang memiliki rentang nilai -1 ppt s/d 1 ppt. Berikut himpunan fuzzy Perubahan Salinitas pada gambar 4.



Gambar 4. *Input* himpunan fuzzy perubahan salinitas

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu_{Turun}[PSAL] = \begin{cases} 0 & ; PSAL \geq 0 \\ \frac{(0-PSAL)}{(0-(-1))} & ; -1 \leq PSAL \leq 0 \\ 1 & ; PSAL \leq -1 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{Sedang}[PSAL] = \begin{cases} 0 & ; 0 \geq PSAL \geq 1 \\ \frac{(PSAL-(-1))}{(0-(-1))} & ; -1 \leq PSAL \leq 0 \\ \frac{(1-PSAL)}{(1-0)} & ; 0 \leq PSAL \leq 1 \\ 1 & ; PSAL = 1 \\ 0 & ; PSAL \leq 0 \end{cases} \quad (5)$$

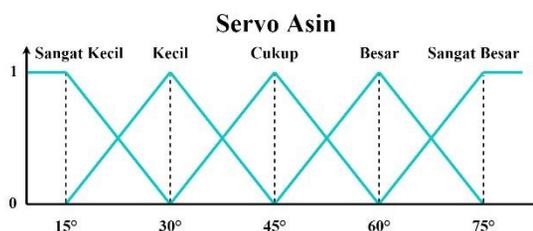
$$\mu_{Naik}[PSAL] = \begin{cases} 0 & ; PSAL \leq 0 \\ \frac{(PSAL-0)}{(1-0)} & ; 0 \leq PSAL \leq 1 \\ 1 & ; PSAL \geq 1 \end{cases} \quad (6)$$

**Output Sistem Fuzzy**

Pada derajat keanggotaan *fuzzy output* terdapat dua variabel yang diproses dalam sistem logika fuzzy yaitu, Servo Asin dan Servo Tawar.

a. Servo Asin

Servo Asin adalah hasil nilai derajat aktuator motor servo dari keluaran yang ditentukan oleh fuzzy rules. Pada *output* himpunan fuzzy Servo Asin terdapat 5 variabel linguistik yang terdiri dari, Sangat Kecil, Kecil, Cukup, Besar dan Sangat Besar. Jarak nilai dari keluaran adalah jarak nilai dari derajat motor servo yaitu 15° s/d 75°. Berikut adalah derajat keanggotaan himpunan output fuzzy servo asin pada gambar 5.



Gambar 5. *Output* himpunan fuzzy servo asin

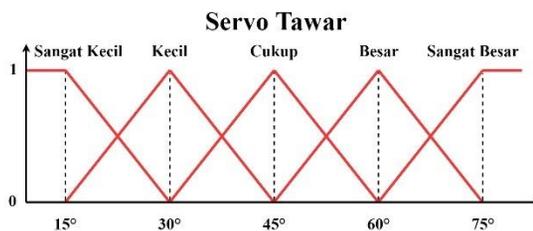
*Fuzzy rules* adalah aturan – aturan yang digunakan untuk menentukan nilai derajat aktuator motor servo sebagai pengatur besar kecilnya katup pada kran air asin. Berikut adalah *fuzzy rules* untuk servo asin pada tabel 1.

Tabel 1. *Fuzzy Rules* servo asin

		Perubahan Salinitas		
		Turun	Sedang	Naik
Salinitas	Tawar	Sangat Besar	Besar	Cukup
	Normal	Besar	Cukup	Kecil
	Asin	Cukup	Kecil	Sangat Kecil

b. Servo Tawar

Servo Asin adalah hasil nilai derajat aktuator motor servo dari keluaran yang ditentukan oleh fuzzy rules. Pada himpunan output fuzzy Servo Asin terdapat 5 variabel linguistik yang terdiri dari, Sangat Kecil, Kecil, Cukup, Besar dan Sangat Besar. Variabel numerik dengan range nilai dari keluaran adalah range nilai dari derajat motor servo yaitu 15° s/d 75°. Berikut adalah himpunan output fuzzy servo tawar pada gambar 6.



Gambar 6. *Output* himpunan fuzzy servo tawar

*Fuzzy rules* adalah aturan – aturan yang digunakan untuk menentukan nilai derajat aktuator motor servo sebagai pengatur besar kecilnya katup pada kran air tawar. Berikut adalah *fuzzy rules* untuk servo tawar pada tabel 2.

Tabel 2. Fuzzy Rules servo tawar

		Perubahan Salinitas		
		Turun	Sedang	Naik
Salinitas	Tawar	Sangat Kecil	Kecil	Cukup
	Normal	Kecil	Cukup	Besar
	Asin	Cukup	Besar	Sangat Besar

Flowchart Fuzzy Tsukamoto



Gambar 7. Flowchart Fuzzy Tsukamoto

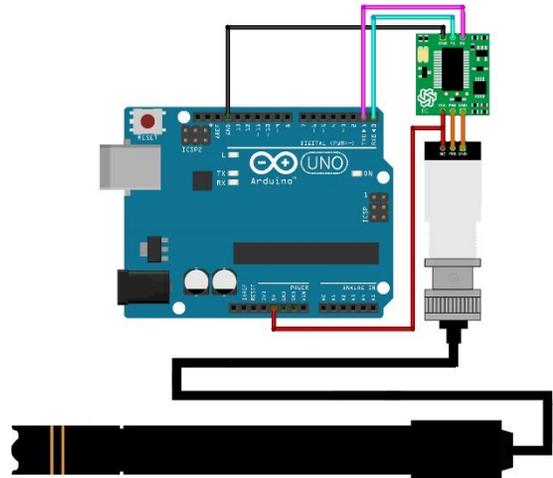
Flowchart sistem fuzzy pada gambar 7 diatas diawali dengan melakukan inisialisasi pada modul, kemudian sensor membaca nilai salinitas yang terkandung dalam air pada aquarium ikan nemo, lalu data dikirim ke mikrokontroler Arduino Uno R3. Setelah nilai diterima, maka dimasukkan kedalam variabel yang telah ditentukan.

Nilai dalam variabel diproses menggunakan sistem logika fuzzy metode Tsukamoto dengan fuzzy rules yang telah ditetapkan. Terdapat 3 tahapan dalam metode fuzzy Tsukamoto yaitu fuzzifikasi, agregasi dan defuzzifikasi, sehingga mendapatkan nilai hasil keluaran yang berfungsi sebagai penentu derajat servo untuk mengendalikan aktuator berupa dua buah motor servo.

### Perancangan Perangkat Keras

Dalam tahap berisi penjelasan tentang perancangan rangkaian komponen-komponen yang terhubung pada Arduino Uno R3 sebagai unit pengendali pusat.

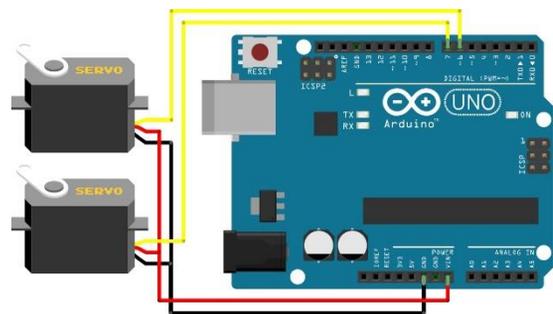
### Perancangan Sensor Salinitas



Gambar 8. Rangkaian sensor salinitas

Sensor salinitas yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah jenis sensor konduktivitas elektrik (*electrical conductivity*). Pada gambar 8 rangkaian sensor salinitas ke Arduino board, probe sensor salinitas memiliki 2 pin probe yang terhubung ke modul sensor salinitas dan 1 pin VCC terhubung ke board Arduino. Sedangkan pada modul sensor salinitas sendiri terdapat 6 pin yaitu, VCC, GND, Rx, Tx yang terhubung ke Arduino dan 2 pin probe terhubung ke probe sensor salinitas.

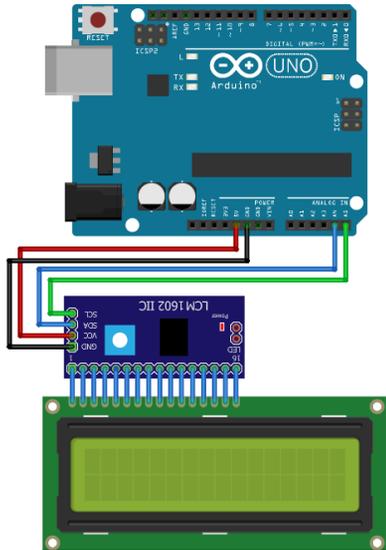
### Perancangan Motor Servo



Gambar 9. Rangkaian Motor Servo

Rangkaian aktuator pada gambar 9 menggunakan dua buah motor servo sebagai pengatur besar kecilnya katup pada kran untuk keluarnya air asin dan air tawar. Motor servo yang digunakan adalah tipe HS-442 yang memiliki 3 buah pin yaitu, GND, VCC dan pin data. Pin data pada servo dihubungkan ke Arduino menuju digital pin 6 untuk servo asin dan digital pin 7 untuk servo tawar.

## Perancangan LCD I2C

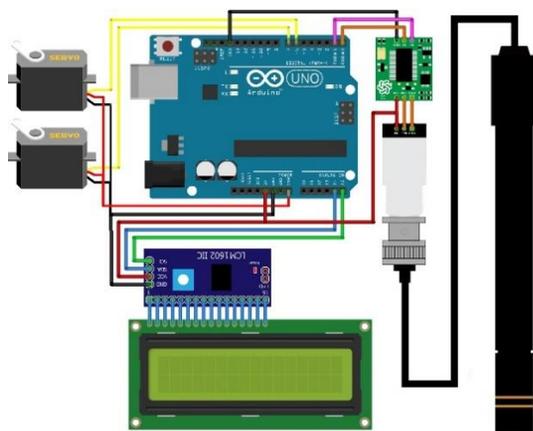


Gambar 10. Rangkaian LCD 16x2 I2C

Pada gambar 10, perancangan LCD 16x2 (16 kolom x 2 baris) menggunakan jenis komunikasi I2C. Modul ini memiliki 4 pin, 2 pin untuk power dan 2 pin untuk komunikasi I2C. Terdapat dua output yaitu, analog input pin 4 (SDA) dan analog input pin 5 (SCL).

## Perancangan Desain Rangkaian Elektronika

Pada gambar 11 adalah rangkaian elektronika sistem yang dipasangkan pada rancang bangun kendali salinitas air pada aquarium. Sebagai pengendali pusat menggunakan Arduino Uno R3, sedangkan input terdapat modul dan probe sensor salinitas serta hasil keluaran yang memerintahkan dua buah aktuator berupa motor servo dan satu buah LCD dengan ukuran 16x2.

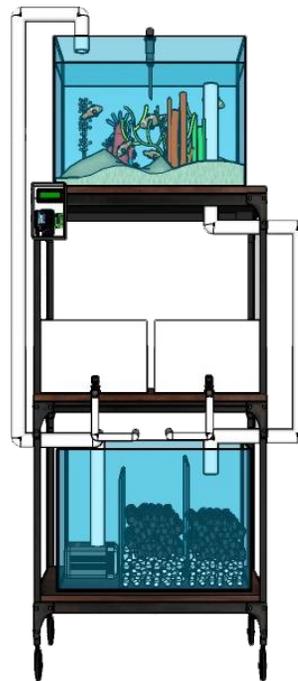


Gambar 11. Rangkaian desain elektronika

## Perancangan Mekanik

Desain mekanik pada penelitian ini terdiri dari dua buah aquarium, aquarium utama sebagai tempat pemeliharaan ikan nemo dan aquarium filter sebagai wadah untuk filtrasi air. Terdapat juga dua tandon yang digunakan sebagai wadah air asin dan air tawar.

Rancang bangun aquarium ini ditopang menggunakan kerangka yang terbuat dari besi lubang. Dimensi rancang bangun mekanik ini yaitu, panjang 70 cm, lebar 50 cm, tinggi 150 cm serta memiliki luas 3.500 cm<sup>2</sup>. Berikut tampilan desain mekanik sistem dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Desain Mekanik

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Sensor Salinitas

Pengujian Sensor Salinitas dilakukan dengan membandingkan salinitas air menggunakan Hydrometer. Adapun hasil dari pengujian dapat ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Selisih hasil perbandingan sensor salinitas dan Hydrometer

Menit	Sensor salinitas (ppt)	Hydrometer (ppt)	Selisih
1	32,45	32	0,45
2	31,91	32	0,09
3	32,34	32	0,34
4	32,17	32	0,17
5	32,84	32	0,84

Menit	Sensor salinitas (ppt)	Hydrometer (ppt)	Selisih
6	35,96	36	0,04
7	35,21	36	0,79
8	35,89	36	0,11
9	36,20	36	0,20
10	35,81	36	0,19
Rata – rata			0,32

Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa sensor salinitas memiliki selisih rata-rata yaitu 0.32.

### Hasil Pengujian Motor Servo

Terdapat dua aktuator motor servo yang dilakukan pada tahap pengujian dengan membandingkan nilai derajat menggunakan busur derajat. Adapun hasil dari kedua pengujian motor servo dapat ditampilkan pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4. Hasil perbandingan servo tawar dan busur derajat

Percobaan	Derajat Servo	Busur Derajat	Selisih
1	0°	0°	0°
2	10°	10,1°	0,1°
3	20°	20,5°	0,5°
4	30°	30,6°	0,6°
5	40°	40,2°	0,2°
6	50°	50,2°	0,2°
7	60°	60,1°	0,1°
8	70°	70,2°	0,2°
9	80°	80,3°	0,3°
10	90°	90,3°	0,3°
Rata – rata			0,25°

Tabel 5. Selisih hasil perbandingan servo asin dan busur derajat

Percobaan	Derajat Servo	Busur Derajat	Selisih
1	0°	0°	0°
2	10°	10,2°	0,2°
3	20°	20,4°	0,4°
4	30°	30,7°	0,7°
5	40°	40,1°	0,1°
6	50°	50,2°	0,2°
7	60°	60,2°	0,2°
8	70°	70,4°	0,4°
9	80°	80,3°	0,3°
10	90°	90,1°	0,1°
Rata – rata			0,26°

Dari hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa motor servo tawar memiliki selisih rata – rata 0.25° dan motor servo asin sebesar 0.26°.

### Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada tahap pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan mengamati perubahan kondisi salinitas air berdasarkan waktu yang ditempuh dalam menstabilkan kondisi air aquarium menjadi kondisi air salinitas normal. Dilakukan dua pengujian secara bergantian dari kondisi air salinitas tawar menjadi salinitas normal dan kondisi air salinitas asin menjadi salinitas normal.

Pengujian pertama dilakukan dari kondisi air salinitas tawar menjadi salinitas normal. Kondisi awal air untuk kategori salinitas tawar dimulai dengan salinitas yang bernilai 19.32 ppt. Kondisi tersebut terjadi karena air pada aquarium diberikan tambahan air dengan nilai salinitas yang rendah, sehingga mencapai nilai kondisi awal air yang diinginkan sebagai pengujian.

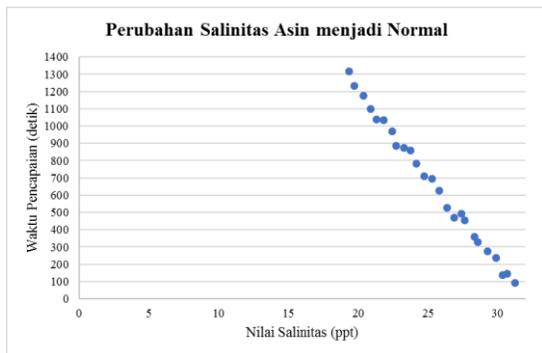
Pemberian air dengan salinitas rendah menyebabkan penurunan salinitas atau kadar garam terlarut dalam air pada aquarium, sehingga aktuator motor servo bekerja sesuai dengan *fuzzy rules*. Hasil pengujian pertama untuk perubahan kondisi air salinitas tawar menjadi salinitas normal ditampilkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian perubahan salinitas tawar menjadi normal

Percobaan	Salinitas Awal (ppt)	Salinitas Normal (ppt)	Waktu Tempuh (detik)	Rata – rata Perubahan Salinitas (ppt) / Waktu Tempuh (detik)
1	19,32	32,91	1318	0,01031
2	19,73	32,68	1232	0,01051
3	20,36	32,63	1177	0,01042
4	20,86	32,27	1098	0,01039
5	21,29	32,22	1040	0,01051
6	21,82	32,78	1033	0,01061
7	22,45	32,42	970	0,01028
8	22,72	32,16	887	0,01064
9	23,29	32,49	875	0,01051
10	23,74	32,73	858	0,01048
11	24,15	32,53	783	0,01070
12	24,7	32,38	710	0,01082
13	25,28	32,74	696	0,01072
14	25,78	32,61	625	0,01093
15	26,36	32,16	527	0,01101
16	26,89	32,09	470	0,01106
17	27,39	32,56	493	0,01049
18	27,63	32,87	455	0,01152
19	28,32	32,18	360	0,01072
20	28,58	32,57	330	0,01209
21	29,27	32,59	274	0,01212
22	29,85	32,73	238	0,01210
23	30,35	32,05	138	0,01232
24	30,67	32,68	144	0,01396

Percobaan	Salinitas Awal (ppt)	Salinitas Normal (ppt)	Waktu Tempuh (detik)	Rata – rata
				Perubahan Salinitas (ppt) / Waktu Tempuh (detik)
25	31,24	32,88	92	0,01783
Rata – rata				0,01132

Pada tabel 6 kesimpulan yang diperoleh dari hasil perubahan Salinitas Tawar menjadi Salinitas Normal mendapatkan rata-rata sebesar 0.01132 ppt/detik. Pada gambar 13 ditampilkan data berupa grafik perubahan salinitas ketika sistem berjalan untuk menstabilkan salinitas air pada aquarium dengan kondisi normal agar sesuai dengan kebutuhan ikan nemo.



Gambar 13. Grafik perubahan kondisi salinitas tawar menjadi normal

Tabel 7. Hasil pengujian perubahan salinitas asin menjadi normal

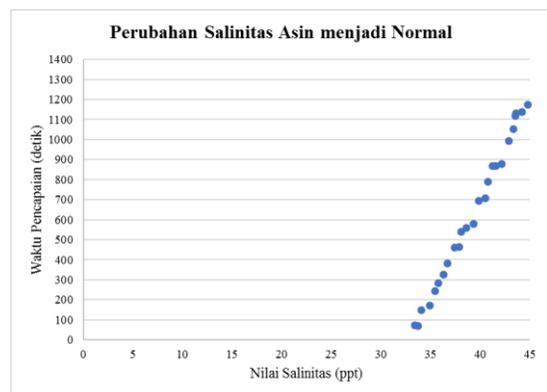
Percobaan	Salinitas Awal (ppt)	Salinitas Normal (ppt)	Waktu Tempuh (detik)	Rata – rata
				Perubahan Salinitas (ppt) / Waktu Tempuh (detik)
1	44,75	32,47	1173	0,01047
2	44,20	32,21	1139	0,01053
3	43,60	32,23	1130	0,01006
4	43,53	32,18	1117	0,01016
5	43,35	32,33	1051	0,01049
6	42,84	32,17	994	0,01073
7	42,11	32,77	878	0,01064
8	41,55	32,54	867	0,01039
9	41,21	32,08	869	0,01051
10	40,77	32,58	788	0,01039
11	40,46	32,73	708	0,01092
12	39,81	32,4	694	0,01068
13	39,34	32,78	579	0,01133
14	38,57	32,48	558	0,01091
15	38,06	32,47	540	0,01035
16	37,87	32,74	464	0,01106

Percobaan	Salinitas Awal (ppt)	Salinitas Normal (ppt)	Waktu Tempuh (detik)	Rata – rata
				Perubahan Salinitas (ppt) / Waktu Tempuh (detik)
17	37,38	32,06	460	0,01157
18	36,66	32,43	383	0,01104
19	36,26	32,5	327	0,01150
20	35,77	32,62	283	0,01113
21	35,45	32,46	244	0,01225
22	34,90	32,35	170	0,01500
23	34,05	32,24	149	0,01215
24	33,73	32,68	71	0,01479
25	33,39	32,28	72	0,01542
Rata – rata				0,01138

Pengujian kedua dilakukan dari kondisi air salinitas asin menjadi salinitas normal. Kondisi awal air untuk kategori salinitas asin dimulai dengan salinitas yang bernilai 44.75 ppt. Kondisi tersebut terjadi karena air pada aquarium diberikan tambahan air dengan nilai salinitas yang tinggi, sehingga mencapai nilai kondisi awal air yang diinginkan sebagai pengujian.

Pemberian air dengan salinitas tinggi menyebabkan peningkatan salinitas atau kadar garam terlarut dalam air pada aquarium, sehingga aktuator motor servo bekerja sesuai dengan *fuzzy rules*. Hasil pengujian kedua untuk perubahan kondisi air salinitas asin menjadi salinitas normal ditampilkan pada tabel 7.

Pada tabel 7 kesimpulan yang diperoleh dari hasil perubahan Salinitas Tawar menjadi Salinitas Normal mendapatkan rata-rata sebesar 0.01132 ppt/detik.



Gambar 14. Grafik perubahan kondisi salinitas asin menjadi normal

Pada gambar 14 ditampilkan data berupa grafik perubahan salinitas ketika sistem berjalan untuk menstabilkan salinitas air dalam aquarium

dengan kondisi normal agar sesuai dengan kebutuhan ikan nemo.

## KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh pengujian pada sistem otomasi yang telah dirancang dan diimplementasikan dalam penelitian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan rancang bangun mekanik untuk mengatur salinitas air dalam pemeliharaan ikan nemo pada aquarium telah dilakukan. Pada sistem mekanik dalam rancang bangun ini menggunakan dua buah aquarium, dua buah wadah air, dan memiliki luas 3500 cm<sup>2</sup>. Pada rancangan komponen elektronika yang digunakan meliputi Arduino Uno R3, sensor salinitas, dua buah aktuator motor servo dan LCD 16x2.
2. Pengujian dari sensor salinitas dan aktuator motor servo dapat bekerja dengan sistem yang digunakan. Hasil pengujian pada sensor salinitas mendapatkan nilai selisih dengan rata-rata 0.32 ppt. Sedangkan hasil pengujian dari motor servo memiliki selisih dengan rata-rata 0.25 derajat untuk Servo Asin dan 0.26 untuk Servo Tawar.
3. Pengendalian salinitas air menggunakan *fuzzy logic controller* dengan metode Tsukamoto yang telah diterapkan pada sistem mampu menstabilkan kondisi dari salinitas tawar maupun salinitas air menjadi salinitas air dengan kondisi normal. Hasil yang diperoleh dari hasil perubahan salinitas tawar menjadi salinitas normal sebesar 0.01132 ppt/ detik, sedangkan hasil perubahan salinitas asin menjadi salinitas normal sebesar 0.01138 ppt/ detik.

## Saran

Untuk pengembangan berikutnya, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan parameter untuk kualitas air dalam input himpunan fuzzy, contoh amonia, DO (*Dissolve Oxygen*), pH dan lain lain.
2. Mengembangkan penelitian ini berbasis *Internet of Things* (IoT), sehingga pemilik ikan hias tetap bisa memantau tanpa terbatas jarak.

## DAFTAR PUSTAKA

- BPBL, 2014. *Budidaya Ikan Hias Clown*. Ambon: Balai Perikanan Budidaya Laut Ambon.
- Geotimes, 2017. *Refleksi Indonesia Sebagai Negara Maritim*. [Online]

Available at:

<https://geotimes.co.id/opini/refleksi-indonesia-sebagai-negara-maritim/>

KKPRI, 2017. *KKP Dorong Indonesia Rajai Pasar Ikan Hias Dunia*. [Online]

Available at: <http://kkp.go.id/artikel/1100-kekp-dorong-indonesia-rajai-pasar-ikan-hias-dunia>

Kusumadewi, S. & Purnomo, H., 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Ruhyadi, I., P. & Nusantoro, G. D., 2016. PENGENDALIAN SUHU DAN SALINITAS AIR PADA AKUARIUM IKAN BADUT (*Amphiprion percula*) BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO DUE. *Student Journal*, pp. 1-9.

Sutojo, T., Mulyanto, E. & Suhartono, V., 2011. *Kecerdasan Buatan*. 1 ed. Yogyakarta: Andi Offset.

Yazid, E., 2009. Penerapan Kendali Cerdas Pada Sistem Tangki Air Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, p. 12.