



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

TUGAS AKHIR



**Program Studi
S1 Teknik Komputer**

INSTITUT BISNIS
DAN INFORMATIKA



Oleh :

ANDHIKA RICKY SETIAWAN

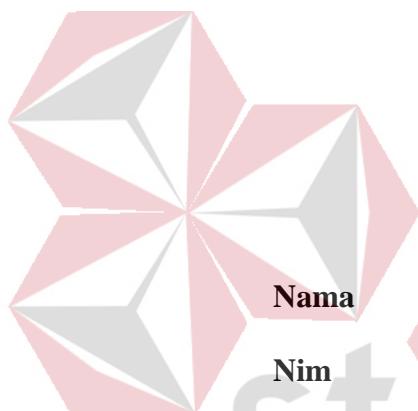
14410200058

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA
2019**

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

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Sarjana**



Disusun Oleh :

Nama : Andhika Ricky Setiawan
Nim : 14410200058
Program : S1 (Strata Satu)
Jurusan : Teknik Komputer

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA
2019**





“Kupersembahkan Untuk Ibuku,

Wanita Nomor Satu Di Dunia.

INSTITUT BISNIS
DAN INFORMATIKA

Insya Allah, Esok Kita Akan Bertemu Kembali”

STIKOM
SURABAYA

TUGAS AKHIR
KENDALI SALINITAS AIR MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC*
PADA AQUARIUM IKAN NEMO

dipersiapkan dan disusun oleh

Andhika Ricky Setiawan
NIM: 14.41020.0058

Telah diperiksa, diuji dan disetujui oleh Dewan Pengaji
Pada : Juli 2019



Susunan Dewan Pengaji

Pembimbing

I. Ira Puspasari, S.Si., M.T.
NIDN. 0710078601

JJPr 31/7/19

II. Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT.
NIDN. 0721047201

Weny

Pembahas

I. Pauladie Susanto, S.Kom., M.T.
NIDN. 0729047501

Pauladie

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana



Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika

FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA

PERNYATAAN

PERSETUJUAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Sebagai mahasiswa Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, saya :

Nama : Andhika Ricky Setiawan
NIM : 14410200058
Program Studi : S1 Teknik Komputer
Fakultas : Fakultas Teknologi dan Informatika
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : **KENDALI SALINITAS AIR MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC PADA AQUARIUM IKAN NEMO**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, saya menyetujui memberikan kepada Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas seluruh isi/ sebagian karya ilmiah saya tersebut di atas untuk disimpan, dialihmediakan dan dikelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) untuk selanjutnya didistribusikan atau dipublikasikan demi kepentingan akademis dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta
2. Karya tersebut di atas adalah karya asli saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini adalah semata hanya rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka saya
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiat pada karya ilmiah ini, maka saya bersedia untuk menerima pencabutan terhadap gelar kesarjanaan yang telah diberikan kepada saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, Juli 2019



Andhika Ricky Setiawan
NIM. 14410200058

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 $27 - 30^{\circ}\text{C}$; pH dengan nilai $7 - 8,5$; DO (*Dissolve Oxygen*) dengan nilai $3,5 - 6,5 \text{ mg/L}$; salinitas atau kadar garam dengan nilai $30 - 34 \text{ ppt}$.

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 $0,01132 \text{ ppt/detik}$, sedangkan hasil Perubahan Salinitas Asin menjadi Salinitas Normal sebesar $0,01138 \text{ ppt/detik}$.

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

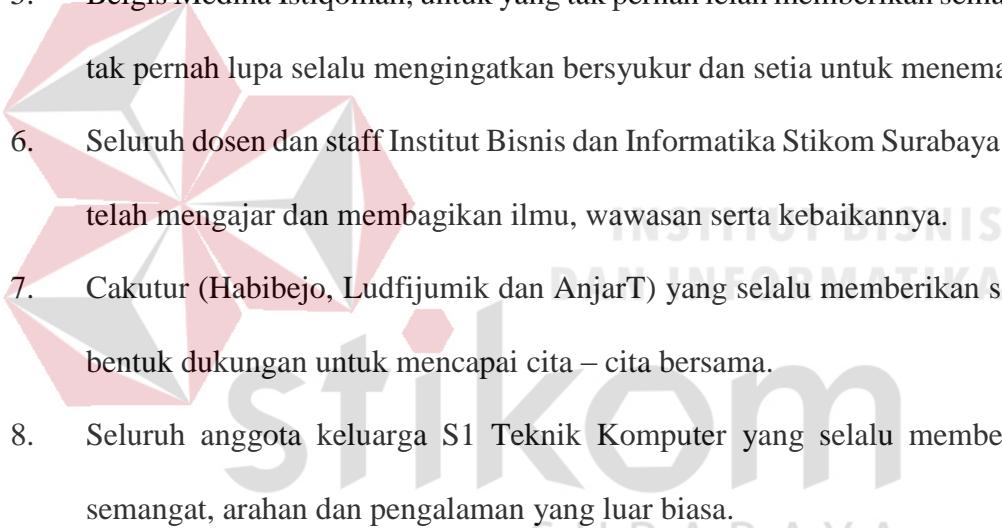
KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan sebuah laporan penelitian yang merupakan salah satu syarat menempuh Tugas Akhir pada Program Studi S1 Teknik Komputer di Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya.

Pada laporan Tugas Akhir ini dijelaskan pembahasan tentang pembuatan sistem otomasi kendali salinitas air menggunakan *Fuzzy Logic* pada aquarium ikan nemo. Harapan penulis dengan terselesaiannya sebuah buku laporan ini, semoga dapat memberikan manfaat serta pengetahuan bagi seluruh pembaca. Penulis menyadari didalam laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, sehingga selalu mengharapkan saran dan kritik sebagai bahan pembelajaran selanjutnya.

Dalam jerih payah menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik dari sisi moral, wawasan bahkan materi yang tak terhitung jumlahnya. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan semulianya kepada:

1. Bapak Arifin Tindarsan dan Alm. Ibu Sulah Tiah Riyanti, Revika Nanda Arlia Khoirunnisa, serta keluarga tercinta yang telah memberikan penulis segalanya yang ada dalam melaksanakan hingga menyelesaikan Tugas Akhir serta laporan ini.
2. Bapak Dr. Jusak selaku Ketua Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika (FTI) Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya yang telah membantu proses penyelesaian Tugas Akhir.

- 
3. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer Stikom Surabaya serta selaku Dosen Pembahas. Terimakasih atas segala saran dan kritik dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini.
 4. Ibu Ira Puspasari, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing satu dan Ibu Yosefine Triwidayastuti, M.T., selaku Dosen Pembimbing dua serta selaku Dosen Wali. Terimakasih atas bimbingan, arahan dan motivasi yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sangat baik dan maksimal.
 5. Belgis Medina Istiqomah, untuk yang tak pernah lelah memberikan semangat, tak pernah lupa selalu mengingatkan bersyukur dan setia untuk menemani.
 6. Seluruh dosen dan staff Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya yang telah mengajar dan membagikan ilmu, wawasan serta kebaikannya.
 7. Cakutur (Habibejo, Ludfijumik dan AnjarT) yang selalu memberikan segala bentuk dukungan untuk mencapai cita – cita bersama.
 8. Seluruh anggota keluarga S1 Teknik Komputer yang selalu memberikan semangat, arahan dan pengalaman yang luar biasa.
 9. Serta semua pihak lain yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Hal

| | |
|---|------|
| ABSTRAK | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI..... | x |
| BAB I | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 6 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 7 |
| 1.4 Tujuan..... | 7 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 7 |
| BAB II..... | 9 |
| LANDASAN TEORI..... | 9 |
| 2.1 Ikan Nemo | 9 |
| 2.2 Salinitas | 11 |
| 2.3 Logika Fuzzy | 11 |
| 2.3.1 Himpunan Fuzzy | 12 |
| 2.3.2 Fungsi Keanggotaan Fuzzy | 13 |
| 2.3.3 Metode Fuzzy Tsukamoto..... | 16 |
| 2.4 Arduino Uno R3 | 18 |
| 2.5 Sensor Salinitas | 21 |
| 2.6 Motor Servo..... | 23 |
| 2.7 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)..... | 24 |

| | |
|---|----|
| BAB III | 25 |
| METODE PENELITIAN..... | 25 |
| 3.1 Perancangan Sistem Kontrol | 26 |
| 3.3.1 Blok Diagram Sistem Kontrol..... | 26 |
| 3.3.2 <i>Flowchart</i> Sistem Kontrol..... | 27 |
| 3.2 Perancangan Logika Fuzzy..... | 28 |
| 3.2.1 <i>Input</i> Sistem Fuzzy..... | 29 |
| 3.2.2 <i>Output</i> Sistem Fuzzy | 32 |
| 3.2.3 <i>Flowchart</i> Sistem Fuzzy Tsukamoto | 35 |
| 3.3 Logika Fuzzy Metode Tsukamoto..... | 36 |
| 3.3.1 Fuzzifikasi Salinitas | 36 |
| 3.3.2 Fuzzifikasi Perubahan Salinitas | 40 |
| 3.3.3 Agregasi | 44 |
| 3.3.4 Defuzzifikasi | 54 |
| 3.4 Perancangan Perangkat Keras | 56 |
| 3.5.1 Rangkaian Sensor Salinitas | 56 |
| 3.5.2 Rangkaian Motor Servo | 57 |
| 3.5.3 Rangkaian LCD 16x2 I2C..... | 58 |
| 3.5 Perancangan Desain Elektronika..... | 59 |
| 3.6 Perancangan Mekanik | 60 |
| 3.5.1 Ukuran Dimensi Rancang Bangun..... | 64 |
| BAB IV | 65 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 65 |
| 4.1 Pengujian Arduino Uno R3 | 65 |

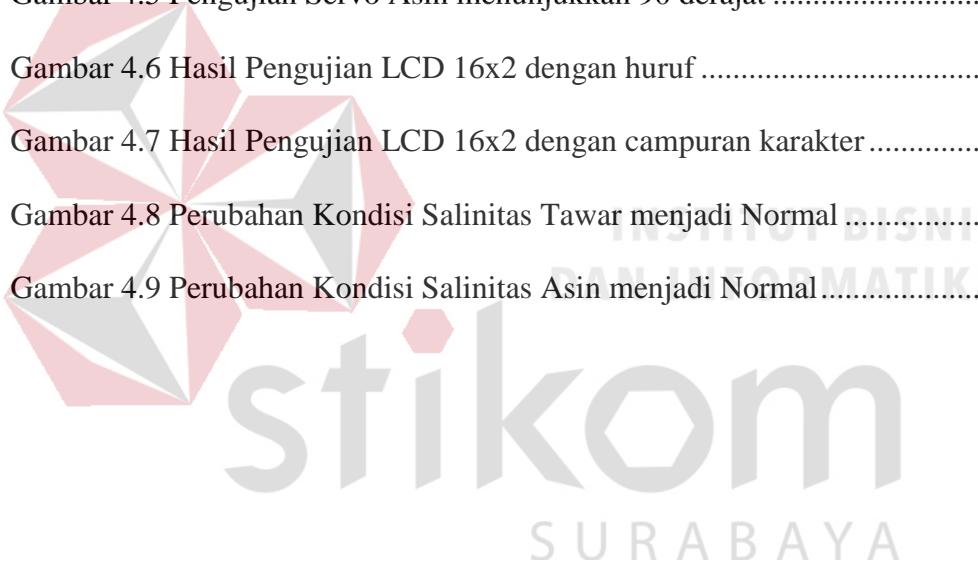
| | |
|--|----|
| 4.2 Pengujian Sensor Salinitas | 68 |
| 4.3 Pengujian Aktuator Motor Servo | 73 |
| 4.4 Pengujian LCD 16x2 | 77 |
| 4.5 Pengujian Keseluruhan Sistem | 81 |
| BAB V..... | 88 |
| PENUTUP..... | 88 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 88 |
| 5.2 Saran | 89 |
| DAFTAR PUSTAKA | 90 |
| LAMPIRAN..... | 92 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Morfologi Ikan Nemo (<i>Amphiprion Percula</i>) | 10 |
| Gambar 2.2 Representasi Linear Naik | 13 |
| Gambar 2.3 Representasi Linear Turun | 14 |
| Gambar 2.4 Representasi Kurva Segitiga | 15 |
| Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapezium | 15 |
| Gambar 2.6 Daerah 'Bahu' pada Variabel Temperatur | 16 |
| Gambar 2.7 Diagram Blok Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto | 17 |
| Gambar 2.8 Arduino Uno R3 Board | 18 |
| Gambar 2.9 Probe dan Modul Sensor Salinitas | 21 |
| Gambar 2.10 Motor Servo..... | 23 |
| Gambar 2.11 LCD I2C | 24 |
| Gambar 3.1 Blok Diagram Keseluruhan Sistem | 26 |
| Gambar 3.2 Flowchart Sistem Kontrol | 27 |
| Gambar 3.3 Input Himpunan Fuzzy Salinitas | 30 |
| Gambar 3.4 Input Himpunan Fuzzy Perubahan Salinitas | 31 |
| Gambar 3.5 Output Himpunan Fuzzy Servo Asin | 33 |
| Gambar 3.6 Output Himpunan Fuzzy Servo Tawar..... | 34 |
| Gambar 3.7 Flowchart Sistem Fuzzy Tsukamoto | 35 |
| Gambar 3.8 Flowchart Fuzzifikasi Salinitas | 37 |
| Gambar 3.9 Flowchart Fuzzifikasi Perubahan Salinitas | 41 |
| Gambar 3.10 Rangkaian Sensor Salinitas | 56 |
| Gambar 3.11 Rangkaian Motor Servo | 57 |
| Gambar 3.12 Rangkaian LCD I2C..... | 58 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.13 Perancangan Desain Rangkaian Elektronika..... | 59 |
| Gambar 3.14 Desain Rancang Bangun Mekanik Tampak Depan..... | 61 |
| Gambar 3.15 Desain Rancang Bangun Mekanik Tampak Belakang | 62 |
| Gambar 3.16 Rancang Bangun Sistem | 63 |
| Gambar 4.1 <i>Upload</i> Berhasil Pada Arduino IDE..... | 67 |
| Gambar 4.2 Hasil Pada Serial Monitor | 68 |
| Gambar 4.3 Pengujian Sensor Salinitas | 72 |
| Gambar 4.4 Pengujian Servo Tawar menunjukkan 0 derajat..... | 75 |
| Gambar 4.5 Pengujian Servo Asin menunjukkan 90 derajat | 76 |
| Gambar 4.6 Hasil Pengujian LCD 16x2 dengan huruf | 79 |
| Gambar 4.7 Hasil Pengujian LCD 16x2 dengan campuran karakter | 80 |
| Gambar 4.8 Perubahan Kondisi Salinitas Tawar menjadi Normal | 85 |
| Gambar 4.9 Perubahan Kondisi Salinitas Asin menjadi Normal..... | 87 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Parameter Kualitas Air Ikan Nemo | 10 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi <i>Board</i> Arduino Uno R3 | 19 |
| Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor EC Meter | 22 |
| Tabel 2.4 Alokasi Pin I2C..... | 24 |
| Tabel 3.1 <i>Fuzzy Rules</i> Servo Asin..... | 34 |
| Tabel 3.2 <i>Fuzzy Rules</i> Servo Tawar..... | 35 |
| Tabel 3.3 Ketentuan <i>Fuzzy Rules</i> Servo Asin | 44 |
| Tabel 3.4 Ketentuan <i>Fuzzy Rules</i> Servo Tawar | 44 |
| Tabel 3.5 Alokasi Pin Modul dan Probe Sensor Salinitas | 57 |
| Tabel 3.6 Alokasi Pin Motor Servo..... | 58 |
| Tabel 3.7 Alokasi Pin LCD I2C | 59 |
| Tabel 4.1 Selisih Hasil Perbandingan Salinitas dan Hydrometer | 73 |
| Tabel 4.2 Selisih Hasil Perbandingan Servo Tawar dan Busur Derajat..... | 76 |
| Tabel 4.3 Selisih Hasil Perbandingan Servo Asin dan Busur Derajat | 77 |
| Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Pengujian LCD 16x2 | 80 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Perubahan Salinitas Tawar menjadi Normal | 84 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Perubahan Salinitas Asin menjadi Normal | 86 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan berdasarkan konvensi UNCLOS (*United Nations Convention on the Law of the Sea*) tahun 1982. Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau, dengan garis pantai lebih dari 99.000 km, sehingga menjadikan Indonesia sebagai negara dengan garis pantai terpanjang ke dua di dunia setelah Kanada. Indonesia memiliki wilayah laut yang sangat luas, dimana 2/3 dari wilayah negara ini adalah laut (Geotimes).

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). 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 ikan hias aquarium air laut. Budidaya ikan hias kini mampu memberikan penghidupan yang layak bagi pelakunya. Beberapa diantara ikan hias yang langka dan memiliki nilai ekonomis cukup tinggi telah dapat dilakukan proses pembudidayaan dan pembernihannya.

Ketersedian produksi ikan hias laut di Indonesia selama ini sebagian besar dari hasil penangkapan, sedangkan produksi hasil budidaya masih sangat kecil, sehingga apabila hal ini tidak dikelola dengan benar dan tepat maka kemungkinan besar akan mengakibatkan penurunan populasi ikan hias di laut dan mengancam

kelestarian sumber itu sendiri. Namun apabila potensi ikan hias ini ditangani secara serius akan mampu bersaing di pasar Internasional dan akan mendorong Indonesia menjadi eksportir terbesar di dunia.

Pada 2016 Indonesia merupakan eksportir ikan hias nomor 5 di dunia yang mampu mengambil pasar hingga 7,13 persennya. Ini terlihat pada nilai ekspor ikan hias dunia pada 10 tahun terakhir yaitu sejak 2007 hingga 2016. Berdasarkan data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), volume produksi ikan hias nasional tahun 2016 tercatat sebanyak 1,34 miliar ekor. Sementara dalam kurun waktu lima tahun terakhir KKP mengaku terdapat kenaikan produksi ikan hias rata – rata sebesar 16,53%, yang akan mendorong kenaikan ekspor ikan hias. Ekspor ikan hias dalam rentang tahun 2010 – 2016 rata-rata tumbuh 13,82% per tahun. Pada tahun 2016, ekspor ikan hias mencapai nilai US\$ 24,642 juta. Jenis ikan hias yang banyak diekspor adalah antara lain arwana, platy, baster, koi, banggai cardinal, mandarin dan nemo (KKPRI).

Ikan nemo atau ikan badut (*clownfish*) merupakan ikan karang tropis yang hidup diperairan hangat pada daerah terumbu karang dengan kedalaman kurang dari 50 cm dan berair jernih. Secara alami kehidupan ikan nemo selalu berada dalam radius kurang lebih 1 meter dari anemon, karena keduanya membentuk simbiosis mutualisme. Ikan nemo mendapatkan sumber – sumber makanan dari sekitar anemon, dan sebaliknya anemon mendapat bahan makan dari kotoran (*feces*) ikan nemo. Disamping itu, anemon memberikan perlindungan yang efektif dengan menghasilkan substansi toksin yang berbahaya bagi musuh – musuh ikan nemo. Anemon juga dimanfaatkan ikan nemo sebagai *breeding ground* untuk meletakan dan melindungi telur – telurnya.

Ikan nemo juga termasuk ikan yang sangat digemari oleh masyarakat sebagai ikan hias air laut karena mempunyai nilai ekonomi cukup tinggi, banyak orang memeliharanya dengan media aquarium. Beberapa alasan sehingga ikan ini diminati sebagai pajangan di aquarium, adalah karena keindahan warna tubuhnya yaitu oranye cerah dengan kombinasi hiasan 3 garis putih pada bagian kepala, badan dan pangkal ekor, gerakan yang lincah, memiliki postur tubuh mungil dan jinak. Selain keindahan warna tubuhnya, ikan hias nemo juga memiliki pangsa pasar luas dan merupakan salah satu jenis ikan hias yang paling banyak diminati dikalangan penghobi ikan hias karena harganya yang murah dan mudah ditemukan di berbagai wilayah di Indonesia.

Sebagai makhluk hidup, ikan membutuhkan beberapa syarat yang ideal untuk mendukung kehidupannya. Apabila syarat – syarat tersebut tidak terpenuhi, maka dapat dipastikan ikan tidak bisa beradaptasi sehingga kondisi kesehatannya akan menurun dan akan menyebabkan umur hidup dari ikan tersebut tidak akan lama. 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.

Pengelolaan kualitas air tidak jauh berbeda dengan pemeliharaan ikan pada umumnya. Diperlukan pembersihan kotoran dan sisa makanan di dasar wadah serta pergantian air minimal 1 kali sebulan atau lebih bila diperlukan. Hal tersebut dilakukan untuk mempertahankan kualitas air optimal dan tetap jernih. Terdapat juga kisaran parameter kualitas air yang baik untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nemo diantaranya, suhu dengan nilai $27 - 30^{\circ}\text{C}$; 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 akan 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 salah satu bentuk *soft computing* yaitu sistem komputasi yang lebih mendasarkan pada kemampuan melakukan pemetaan vektor (tidak linear), optimasi, identifikasi dan kemampuan lainnya. Berbagai penerapan telah menunjukkan bahwa pengendali berbasis logika fuzzy dapat mengatasi sifat ketidakpastian yang selalu muncul pada sistem kendali. Ketidakpastian utama yang ditemukan dalam sistem ini adalah ketidaklinearan elemen – elemen sistem kendali. Ketidaklinearan ini berupa gesekan pada komponen – komponen sistem, *dead zone* dan saturasi yang terdapat pada aktuator yang digunakan, mekanisme gerak sistem, proses pemasangan alat dan lain – lain (Yazid, 2009).

Pada penelitian (Ruhayadi, et al., 2016) yang pernah dilakukan sebelumnya dengan judul Pengendalian Suhu dan Salinitas Air Pada Akuarium Ikan Badut (*Amphiprion percula*) Berbasis Mikrokontroller Arduino Due. Ikhfal Ruhayadi menggunakan *Fuzzy Logic* metode Mamdani *weighted Average* dengan menggunakan alat berupa pompa air sebagai aktuator dan sensor salintas yaitu

sensor *hall effect*. Ikhfal Ruhyadi menggunakan 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. Penelitian yang dilakukan oleh Ikhfal Ruhyadi 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.

Pada penelitian tugas akhir ini penulis berupaya membuat dan merancang alat pengendali kualitas air ikan nemo pada aquarium menggunakan desain mekanik yang berbeda dengan penelitian sebelumnya. Adapun parameter yang akan 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 akan 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 aquarium. Diharapkan alat yang dibuat penulis akan 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.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam perumusan masalah berdasarkan latar belakang diatas pada Tugas Akhir yang dilakukan oleh penulis, terdapat beberapa permasalahan yang harus diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang mekanik untuk mengatur salinitas air dalam pemeliharaan ikan nemo pada aquarium?
2. Bagaimana mengendalikan salinitas air menggunakan *fuzzy logic controller* dengan metode Tsukamoto?

1.3 Batasan Masalah

Melihat beberapa permasalahan yang ada, maka dalam perancangan dan pembuatan alat ini, terdapat beberapa batasan masalah diantaranya:

1. Menggunakan Arduino Uno R3 sebagai kendali pusat
2. Menggunakan sensor EC sebagai alat ukur salinitas atau kadar garam yang terlarut pada air dan motor servo sebagai aktuator.
3. Jenis ikan yang digunakan adalah hanya ikan berjenis nemo atau ikan badut (*clownfish*).
4. Tidak membahas parameter DO (*Dissolved Oxygen*), amonia, suhu dan pH pada air aquarium.
5. Sistem kontrol tidak memberikan informasi balik mengenai kualitas ikan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang mekanik untuk mengatur salinitas air dalam pemeliharaan ikan nemo pada aquarium.
2. Mengendalikan salinitas air menggunakan *fuzzy logic controller* dengan metode Tsukamoto.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah serta tujuan dari penelitian ini dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini membahas teori penunjang seperti perangkat mikrokontroler Arduino Uno R3, sensor salinitas, aktuator motor servo serta LCD 16x2 secara singkat sebagai acuan pada penelitian Tugas Akhir.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini dibahas tentang tahapan dalam pembuatan rancang bangun sistem otomasi dengan menggabungkan rangkaian sensor, mikrokontroler serta aktuator. Perhitungan manual menggunakan logika fuzzy metode Tsukamoto dengan tahapan fuzzifikasi, agregasi dan defuzzifikasi.

BAB IV**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisi tentang pengujian sistem otomasi yang meliputi dengan pengujian perangkat yang digunakan yaitu, Arduino Uno R3, sensor salinitas, motor servo dan LCD 16x2 serta pengujian dari keseluruhan sistem rancang bangun yang telah dibuat. Dengan hasil pengujian kondisi air pada aquarium sesuai dengan *rules* dan nilai *setpoint* yang telah ditentukan.

BAB V**PENUTUP**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran sebagai pengembangan penelitian yang akan datang.

BAB II

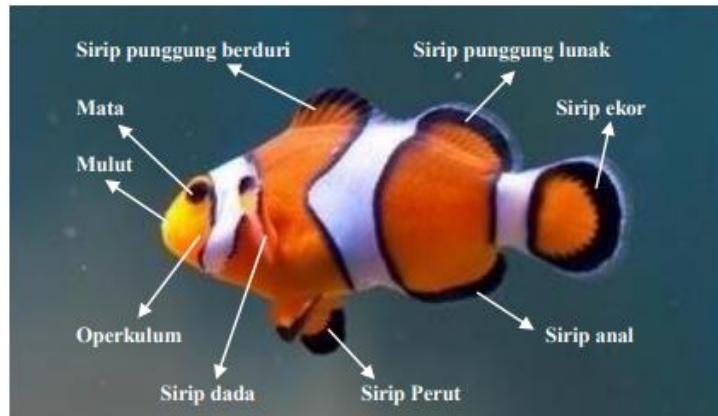
LANDASAN TEORI

2.1 Ikan Nemo

Ikan nemo atau Ikan badut berasal dari famili *Pomacentridae*. Salah satu famili terbesar dalam komunitas ikan karang. Hingga saat ini diketahui ada sekitar 28 spesies. 27 spesies diantaranya termasuk dalam marga *Amphiprion* dan dua lainnya marga *Premnas*. Bentuknya yang cenderung bulat, ikan jenis ini umumnya berwarna kuning, oranye, kemerahan, hitam dan putih dengan motif badan cenderung berupa garis putih. Motifnya yang berwarna menyala dengan gerakan yang lucu ini yang membuatnya dijuluki *clownfish* (ikan badut). Sisiknya relatif besar dengan sirip dorsal yang unik. Pola warna pada ikan ini sering dijadikan dasar dalam proses identifikasi mereka, disamping bentuk gigi, kepala dan bentuk tubuh. Variasi warna dapat terjadi pada spesies yang sama, khususnya berkenaan dengan lokasi sebarannya (BPBL, 2014).

Ikan nemo merupakan ikan karang tropis yang hidup di perairan hangat pada daerah terumbu karang dengan kedalaman kurang dari 50 cm dan berair jernih. Ikan nemo biasanya ditemukan pada anemon di laut, dapat ditemukan secara individual dan lebih umum berpasangan atau kelompok kecil dalam anemon. Anemon yang biasa bersimbiosis dengan ikan badut diantaranya adalah *Heteractis magnifica*, *Stichodactyla gigantean*, dan *Stichodactyla mertensii* (Lieske & Myers, 2001).

Ikan nemo dikenal sebagai ikan yang berenang lambat sehingga ikan tersebut cenderung mengandalkan anemon sebagai tempat perlindungan dari ikan – ikan pemangsa. Berikut ini adalah gambar morfologi ikan nemo (*Amphiprion percula*) dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Morfologi Ikan Nemo (*Amphiprion Percula*)

Ikan nemo adalah omnivorus yang mengkonsumsi zooplankton, invertebrata kecil (*crustacea* & parasit) yang melekat pada tubuh anemon dan alga bentik yang dijumpai di habitat mereka. Ikan nemo menghabiskan sebagian besar hidupnya untuk mencari makan, bermain dan berpasangan dalam wilayahnya, yakni tidak jauh dari anemon yang merupakan daerah teritorinya. Daerah tersebut akan dipertahankan dari predator dan hewan penganggu lainnya (Suharti, 1990).

Kualitas air dalam pemeliharaan ikan hias memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan kualitas warna dan kesehatan ikan hias. Salah satu kriteria kualitas yang baik adalah yang sesuai dengan kebutuhan masing – masing jenis ikan. Ikan akan hidup sehat dan berpenampilan prima di lingkungan yang memiliki kualitas air yang sesuai. Parameter kualitas air yang baik untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nemo dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter Kualitas Air Ikan Nemo (BPBL, 2014)

| Parameter | Standar Mutu* |
|-----------------|---------------|
| Suhu (°C) | 27 – 30 |
| Salinitas (ppt) | 30 – 34 |
| DO (Mg/l) | >4,0 |
| pH | 7 – 8,5 |

2.2 Salinitas

Salinitas adalah tingkat kadar garam atau keasinan terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Kandungan garam pada sebagian besar sungai, danau, kolam, aquarium dan saluran air alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dapat dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam sebenarnya pada air tawar ini secara definisi, kurang dari 0,05 ppt (*part-per-thousand*). Jika lebih dari itu, air akan dikategorikan sebagai air payau atau menjadi saline bila konsentrasinya 3 ppt sampai 5 ppt, jika lebih dari 5 ppt, air disebut brine. Air laut secara alami merupakan air saline dengan kandungan garam sekitar 3,5 ppt.

Beberapa danau garam di daratan dan beberapa dilautan memiliki kadar garam lebih tinggi dari pada air laut pada umumnya.

2.3 Logika Fuzzy

Menurut (Kusumadewi, 2002) logika fuzzy adalah salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dalam penalaran dengan logika fuzzy tersebut. Prof. Lotfi A. Zadeh memodifikasi teori himpunan dimana setiap anggotanya memiliki derajat keanggotaan yang bersifat kontinu, antara 0 sampai 1. Himpunan ini disebut Himpunan Kabur (*Fuzzy Set*).

2.3.1 Himpunan Fuzzy

Menurut (Kusumadewi & Purnomo, 2010) menyatakan bahwa pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A, yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$, memiliki 2 kemungkinan yaitu:

1. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau
2. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Terkadang kemiripan antara keanggotaan fuzzy dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval [0,1], namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kedua kasus tersebut. Keanggotaan fuzzy memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Misalnya, jika nilai keanggotaan bernilai suatu himpunan fuzzy usia adalah 0,9; maka tidak perlu dipermasalahkan berapa seringnya nilai itu diulang secara individual untuk mengharapkan suatu hasil yang hampir pasti muda. Di lain pihak, nilai probabilitas 0,9 usia berarti 10% dari himpunan tersebut diharapkan tidak muda. Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: Muda, Parobaya, Tua.
2. Numerik, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50, dsb.

2.3.2 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

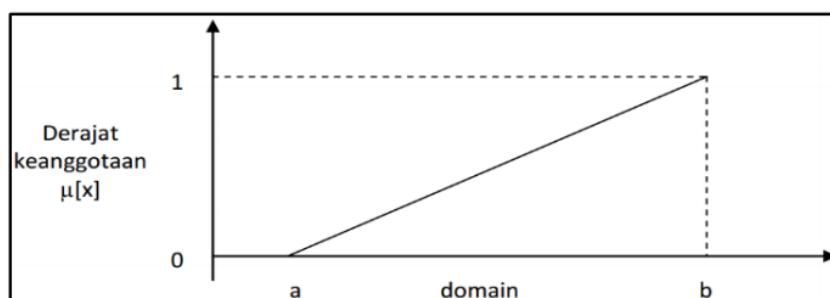
Menurut (Wulandari, 2005) fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik input data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai

1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Apabila U menyatakan himpunan universal dan A adalah himpunan fungsi fuzzy dalam U , maka A dapat dinyatakan sebagai pasangan terurut.

Menurut (Kusumadewi, 2002) ada beberapa representasi yang bisa digunakan, beberapa diantaranya :

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaan digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Representasi linear naik terlihat pada gambar 2.2.

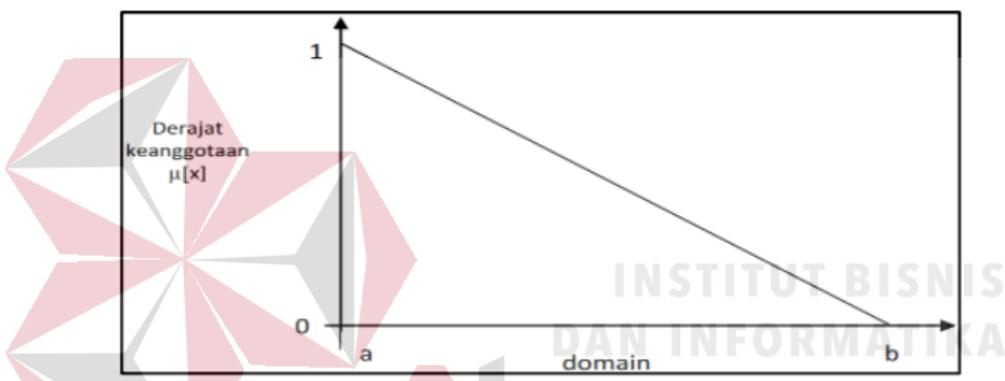


Gambar 2.2 Representasi Linear Naik

Dengan fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a < x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Kedua, merupakan kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi di sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Representasi linear turun terlihat pada gambar 2.3.



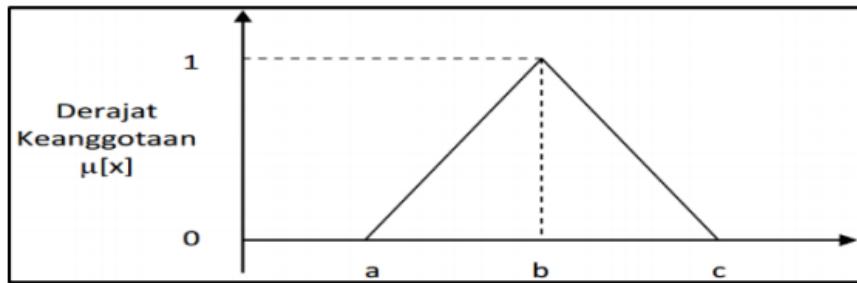
Gambar 2.3 Representasi Linear Turun

Dengan fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq b \\ \frac{b-x}{b-a}; & a < x < b \\ 1; & x \leq a \end{cases}$$

b. Representasi Kurva Segitiga

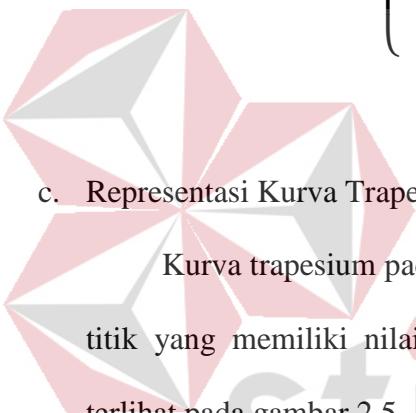
Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear). Representasi kurva segitiga terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Representasi Kurva Segitiga

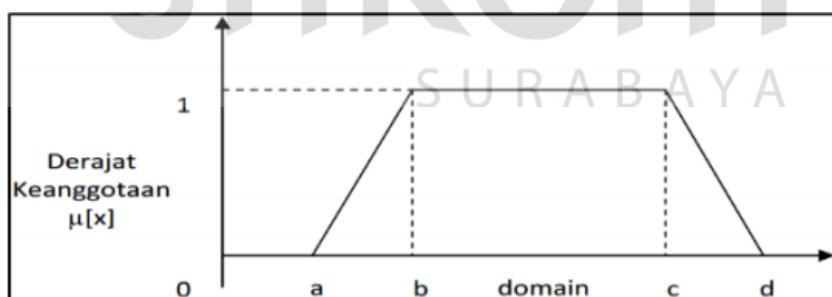
Dengan fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq c \text{ atau } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b < x < c \end{cases}$$



c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi Kurva Trapesium terlihat pada gambar 2.5.



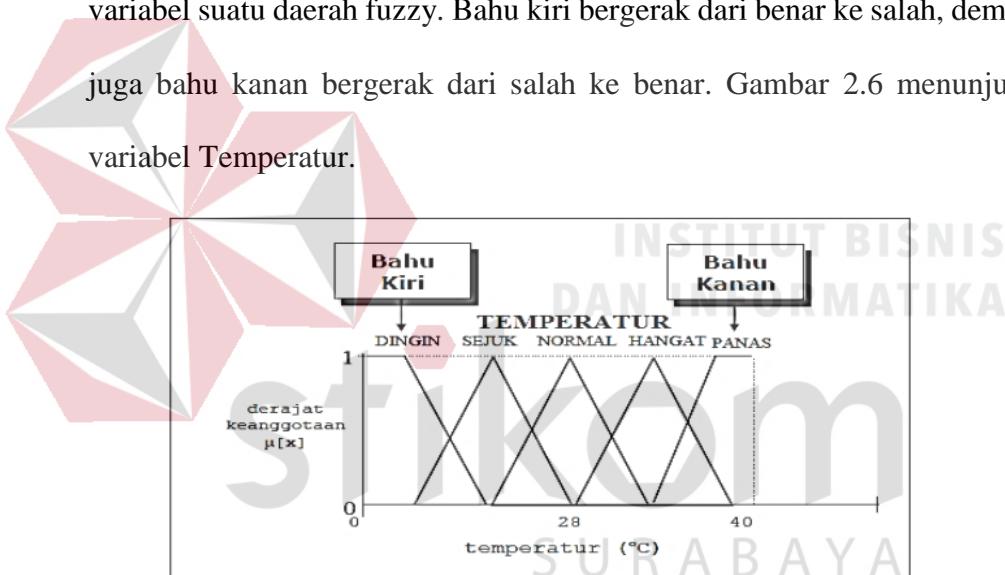
Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapesium

Dengan fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq d \text{ atau } x \leq a \\ (x-a) / (b-a); & a < x < b \\ (d-x) / (d-c); & c < x < d \\ 1; & b \leq x \leq c \end{cases}$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

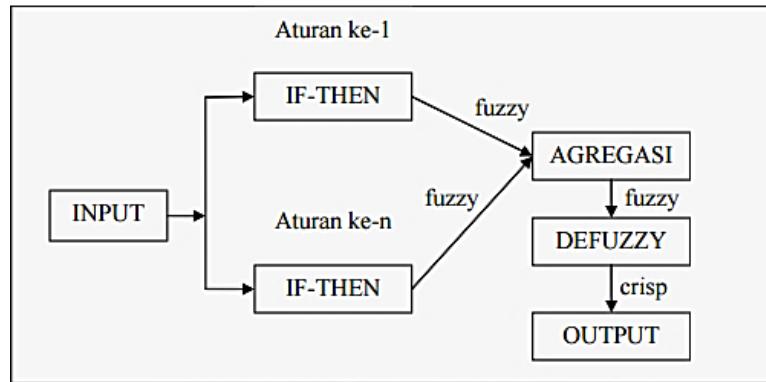
Daerah yang terletak di tengah – tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan: DINGIN bergerak ke SEJUK, bergerak ke HANGAT, dan bergerak ke PANAS). Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut, tidak mengalami perubahan. Sebagai contoh, apabila telah mencapai kondisi PANAS, kenaikan temperatur akan tetap berada pada kondisi PANAS. Himpunan fuzzy ‘bahu’, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar 2.6 menunjukkan variabel Temperatur.



Gambar 2.6 Daerah 'Bahu' pada Variabel Temperatur

2.3.3 Metode Fuzzy Tsukamoto

Sistem Inferensi Fuzzy merupakan suatu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy berbentuk *IF-THEN*, dan penalaran fuzzy. Secara garis besar, diagram blok proses inferensi fuzzy pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Diagram Blok Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto

Sistem inferensi fuzzy menerima input *crisp*. Input ini kemudian dikirim ke basis pengetahuan yang berisi *n* aturan fuzzy dalam bentuk *IF-THEN*. *Fire strength* akan dicari pada setiap aturan. Apabila jumlah aturan lebih dari satu, maka akan dilakukan agregasi dari semua aturan. Selanjutnya, pada hasil agregasi akan dilakukan defuzzy untuk mendapatkan nilai *crisp* sebagai output sistem.

Pada dasarnya, metode Tsukamoto mengaplikasikan penalaran monoton pada setiap aturannya. Kalau pada penalaran monoton, sistem hanya memiliki satu aturan, pada metode Tsukamoto, sistem terdiri atas beberapa aturan. Karena menggunakan konsep dasar penalaran monoton, pada metode Tsukamoto, setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Output hasil inferensi dari tiap – tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) bedasarkan α -predikat (*fire strength*). Proses agregasi antar aturan dilakukan, dan hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan defuzzy dengan konsep rata – rata terbobot.

2.4 Arduino Uno R3

Arduino adalah sistem purnarupa elektronika (*electronic prototyping platform*) berbasis *open-source* yang fleksibel dan mudah digunakan baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Keutamaan arduino adalah tersedianya pustaka kode program (*code library*) maupun modul pendukung (*hardware support modules*) dalam jumlah yang sangat banyak. Arduino didefinisikan sebagai sebuah platform elektronik yang *open source*, berbasis pada *software* dan *hardware* yang fleksibel dan mudah digunakan (Artanto, 2012).



Gambar 2.8 Arduino Uno R3 Board

Pada Gambar 2.8 merupakan papan mikrokontroler Arduino Uno R3 yang berbasis ATMEGA328, memiliki 14 pin digital I/O (6 diantaranya digunakan sebagai *output PWM*), 6 *input* analog, *clock speed* 16MHz, konektor USB, *jack* listrik, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Pin – pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan menggunakan adaptator AC – DC atau baterai. Setiap pin pada board Arduino Uno R3 beroperasi pada tegangan 5 volt. Pin – pin digital tersebut juga memungkinkan untuk mengeluarkan atau menerima arus maksimal sebesar 40 mA dan memiliki *internal pull-up* resistor (yang terputus secara *default*) antara 20 – 50 KOhm. Berikut spesifikasi board Arduino Uno R3 pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi *Board* Arduino Uno R3 (Handoko, 2017)

| Parameter | Keterangan |
|---------------|--|
| ATMega 328 | 328 IC adalah mikrokontroler yang digunakan pada Arduino Uno R3. IC ATMega 328 memiliki <i>flash memory</i> 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>). ATMega 328 juga memiliki 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM yang dapat ditulis dan dibaca dengan EEPROM <i>library</i> |
| Jack USB | Sebagai komunikasi mikrokontroler dengan PC |
| Jack Adaptor | Masukan daya eksternal bila Arduino bekerja mandiri (tanpa komunikasi dengan C melalui kabel serial USB) |
| Tombol Reset | Tombol <i>reset</i> internal digunakan untuk me- <i>reset</i> modul arduino |
| SDA dan SCL | Komunikasi <i>Two Wire Interface</i> (TWI) atau <i>inter integrated circuit</i> (I2C) dengan menggunakan <i>wire library</i> |
| GND dan AREF | GND = Pin <i>ground</i> dari <i>regulator</i> tegangan <i>board</i> Arduino AREF = Tegangan Referensi untuk <i>input</i> analog |
| Pin Digital | Pin yang digunakan untuk menerima <i>input</i> digital dan memberi <i>output</i> berbentuk digital (0 dan 1 atau low dan high) |
| Pin Serial | Pin yang digunakan untuk menerima dan mengirimkan data serial TTL (<i>Receiver</i> (Rx), <i>Transmitter</i> (Tx)). Pin 0 dan 1 sudah terhubung kepada pin <i>serial</i> USB to TTL sesuai dengan pin ATMega |
| Pin Power | Vin = Masukkan tegangan <i>input</i> bagi Arduino ketika menggunakan sumber tegangan eksternal 5 V = Sumber tegangan yang dihasilkan <i>regulator</i> internal <i>board</i> Arduino 3,3 V = Sumber tegangan yang dihasilkan <i>regulator</i> internal <i>board</i> Arduino. Arus maksimal pada ini adalah 50 mA. GND = Pin <i>ground</i> dari <i>regulator</i> tegangan <i>board</i> Arduino. IOREF = Tegangan Referensi |
| Pin Analog in | Menerima input dari perangkat analog lainnya |

Arduino Uno R3 berbeda dengan semua *board* sebelum karena Arduino Uno R3 ini tidak menggunakan *chip driver* FTDI USB to serial, melainkan fitur dari ATMega 16U2 yang diprogram sebagai konverter USB to serial (Handoko, 2017). Board Arduino Uno R3 memiliki fitur – fitur baru seperti:

- a. Pin *out*: menambahkan SDA dan SCL pin yang dekat ke pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin *RESET*, dengan I/O REF yang memungkinkan sebagai *buffer* untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari *board sistem*. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan prosesor yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino karena beroperasi dengan 3,3V.
- b. Sirkuit *reset*
- c. ATMega 16U2 ganti 8U yang digunakan sebagai konverter USB to serial.

Board Arduino Uno R3 dapat beroperasi pada pasokan daya dari 6 – 20 volt. Jika diberikan dengan kurang dari 7V, bagaimanapun pin 5V dapat menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator bisa panas dan merusak *board*. Rentang yang dianjurkan adalah 7 – 12V. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus yaitu:

- a. **Serial**: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) dan TTL *serial*. Pin ini terhubung ke pin yang sesuai dari *chip* ATMega8U2 USB to serial TTL.
- b. **Eksternal Interupsi**: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai. Lihat *attachInterrupt()* fungsi untuk rincian.

- c. **PWM:** 3, 5, 6, 9, 10 dan 11 menyediakan 8-bit *output* PWM dengan fungsi *analogWrite()*.
- d. **SPI:** 10(SS), 11(MOSI), 12(MISO), 13(SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *library* SPI. SPI (*serial peripheral interface*) adalah sebuah sinkronisasi *serial data protocol* yang digunakan oleh mikrokontroler untuk melakukan komunikasi dengan satu atau lebih *peripheral device* secara cepat berjarak pendek. SPI dapat juga digunakan untuk melakukan komunikasi antara dua mikrokontroler.
- e. **LED:** 13. Ada *built-in* LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin adalah nilai TINGGI, LED menyala, ketika pin adalah RENDAH. LED mati.

2.5 Sensor Salinitas



Gambar 2.9 Probe dan Modul Sensor Salinitas

Sensor salinitas yang digunakan adalah sensor konduktivitas elektrik (*Electrical Conductivity*) merupakan komponen yang berfungsi untuk mengetahui kadar EC suatu larutan. Terdapat elektroda di bagian batang sensor yang berfungsi mengukur banyaknya ion yang terkandung pada larutan tersebut. Kandungan ion di

dalam larutan berbanding lurus dengan konsentrasi EC, semakin banyak ion mineral yang terlarut, maka akan semakin besar kemampuan larutan tersebut untuk menghantarkan listrik.

Pada Gambar 2.9 sensor dihubungkan ke mikrokontroler melalui pin konektor, kemudian akan diselaraskan dengan software Arduino IDE menggunakan bahasa program arduino agar alat bekerja sesuai dengan perintah yang kita masukkan. Sensor EC meter yang digunakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi pada Tabel 2.3 dibawah.

Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor EC Meter



| | |
|----------------------------------|---|
| | Conductivity = $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| | Total dissolved solids = ppt |
| | Salinity = PSU |
| | Specific gravity (sea water only) = 1.00 – 1.300 |
| Range | 0.07 – 500,000+ $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| Accuracy | +/- 2% |
| Response time | 1 reading per sec |
| Supported probes | K 0.1 – K 10 any brand |
| Calibration | 2 or 3 point |
| Data protocol | UART & I2C |
| Default I ² C address | 100 (0x64) |
| Operating voltage | 3.3V – 5V |
| Data Format | ASCII |

Electrical conductivity atau konduktivitas elektrik atau daya hantar listrik suatu larutan nutrisi dipengaruhi oleh nilai kepekatan suatu larutan. Semakin pekat larutan nutrisi maka semakin tinggi daya hantar listriknya atau nilai EC nya, begitu pula sebaliknya jika nilai EC rendah maka nilai kepekatannya juga rendah. Satuan

yang digunakan pada alat EC Meter adalah mS/cm (mili siemen/cm) atau mmho/cm (milli hos/cm). Pada tugas akhir ini, alat digunakan untuk mengetahui nilai kadar garam atau salinitas terlarut dalam air pada aquarium ikan nemo.

2.6 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa (PWM) yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo. Berikut adalah contoh motor servo pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Motor Servo

Motor servo yang digunakan dalam penelitian memiliki 3 buah pin. Pin pertama dengan warna hitam berupa GND, pin kedua warna merah berupa VCC (5V), dan pin ketiga warna kuning merupakan pin untuk data. Pin pertama dihubungkan pada pin ground Arduino Uno, pin kedua dihubungkan ke pin Arduino Uno 5V serta pin ketiga dihubungkan ke pin digital yang ada pada papan Arduino Uno R3.

2.7 LCD (*Liquid Crystal Display*)



Gambar 2.11 LCD I2C

LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Pada Gambar 2.11 merupakan LCD yang digunakan untuk sistem ini adalah LCD 16x2 (16 kolom x 2 baris) yang menggunakan jenis komunikasi I2C yang sudah didukung oleh Arduino Uno R3 dengan module I2C LCD.

Pada LCD ini terdapat dua output yaitu, analog input pin 4 (SDA) dan analog input pin 5 (SCL) yang merupakan pin output dari jenis komunikasi I2C. Module ini memiliki 4 pin, 2 pin untuk power dan 2 pin untuk komunikasi I2C. Untuk mengontrol kontras terdapat potensio trimpot di bagian belakang LCD. Berikut alokasi pin arduino ditunjukan ada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Alokasi Pin I2C

| LCD 16x2 I2C | Pin Arduino |
|--------------|-------------|
| GND | GND |
| VCC | 5V |
| SDA | A4 |
| SCL | A5 |

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah studi literatur berupa data – data dari masing – masing komponen, 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, dua *output* berupa dua buah aktuator motor servo dan satu buah LCD 16x2. Sensor salinitas berfungsi untuk pendekripsi nilai salinitas atau kadar garam terlarut dalam air pada aquarium ikan nemo. Dua buah aktuator motor servo digunakan sebagai pengendali putaran untuk mengatur besar kecilnya katup pada dua kran air, serta 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. Dengan adanya *output* ini maka aktuator akan berkoordinasi sehingga salinitas air pada aquarium ikan nemo dapat terkontrol sesuai dengan *input* yang telah dideteksi oleh sensor.

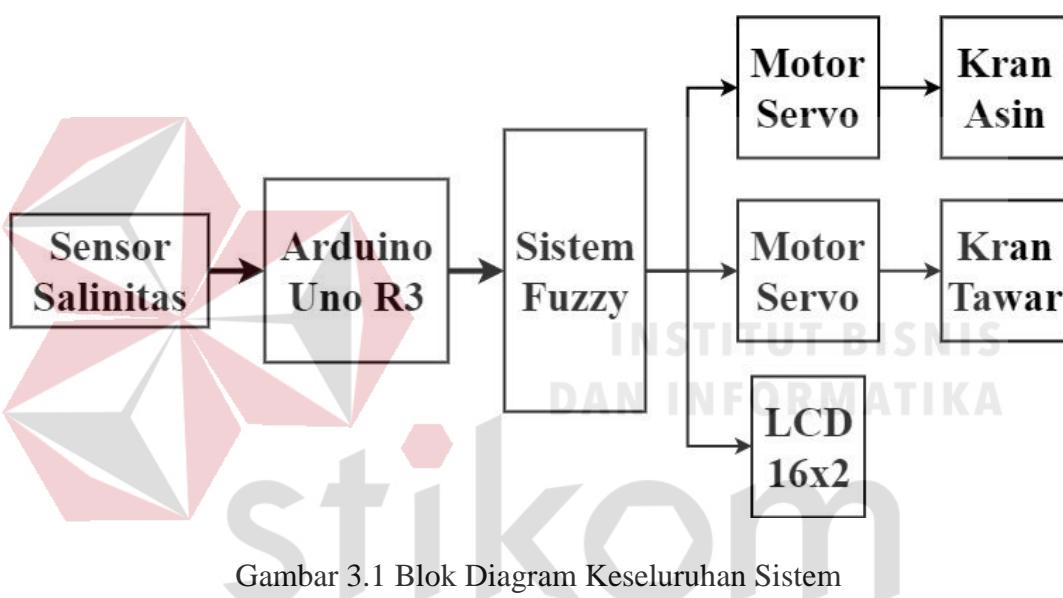
Sistem kontrol ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai unit pengendali terpusat. Nilai salinitas yang telah terbaca oleh sensor akan diproses menggunakan logika fuzzy metode Tsukamoto pada Arduino Uno R3. Setelah itu proses berlanjut pada pengiriman instruksi terhadap komponen – komponen output yaitu, LCD untuk menampilkan data dan aktuator berupa dua buah motor servo yang akan bekerja sesuai dengan aturan program yang telah ditetapkan pada *fuzzy rules*.

3.1 Perancangan Sistem Kontrol

Pada tahap ini akan dijelaskan blok diagram dan *flowchart* dari keseluruhan sistem kontrol.

3.1.1 Blok Diagram Sistem Kontrol

Secara umum perancangan perangkat keras meliputi unit masukan dan keluaran pada Arduino Uno R3. Perancangan Blok Diagram pada rancangan alat ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Keterangan dari tiap – tiap bagian dari blok diagram sistem pada Gambar 3.1 sebagai berikut:

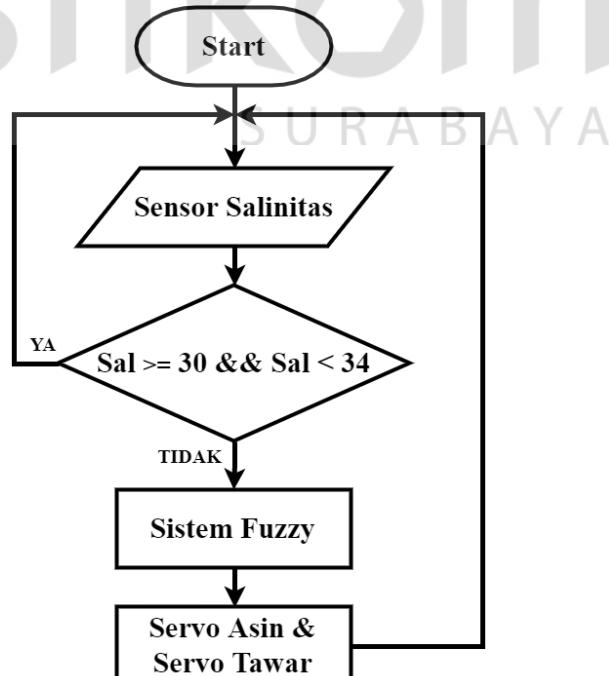
1. *Input* pada Mikrokontroler:
 - Sensor salinitas : Sebagai pendeksi nilai salinitas atau kadar garam terlarut didalam air pada aquarium.
2. *Output* pada Mikrokontroler:
 - Servo Asin : Sebagai aktuator putaran kran yang mengatur besar kecilnya katup untuk keluarnya air asin.

- Servo Tawar : Sebagai aktuator putaran kran yang mengatur besar kecilnya katup untuk keluarnya air tawar.
- LCD 16x2 : Sebagai media pengeluaran untuk menampilkan nilai yang didapat oleh sensor salinitas dan derajat servo.

Pada blok diagram Gambar 3.1 dapat dijelaskan, nilai salinitas atau kadar garam terlarut didalam air aquarium yang terbaca oleh sensor salinitas akan dikirim ke mikrokontroler Arduino Uno R3. Kemudian diproses oleh sistem logika fuzzy menggunakan *fuzzy rules* yang telah ditetapkan. Selanjutnya Arduino Uno R3 akan mengirimkan perintah ke dua buah aktuator motor servo sesuai dengan *fuzzy rules* yang telah ditentukan pada program.

3.1.2 Flowchart Sistem Kontrol

Untuk dapat menuju pada sistem otomatis dari kendali salinitas air diperlukan beberapa tahapan seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Flowchart Sistem Kontrol*

Penjelasan dari flowchart sistem kontrol diatas adalah pembacaan nilai salinitas atau kadar garam yang terlarut dalam air pada aquarium akan dideteksi sensor salinitas. Kemudian nilai salinitas yang terbaca pada sensor akan 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 akan bekerja sesuai dengan aturan program yang telah ditetapkan pada *fuzzy rules*. Pembacaan sensor akan dilakukan secara terus menerus untuk menjaga kestabilan salinitas air pada aquarium ikan nemo dengan *setpoint* yang telah ditentukan. Terdapat dua buah tandon air yang berisi air tawar dan air asin. Air tawar yang digunakan dalam tandon adalah air yang diambil dari PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum), dengan nilai salinitas kurang dari 5 ppt. Sedangkan untuk air asin yang digunakan dalam tandon adalah air yang diambil dari laut, dengan nilai salinitas diantara dari 30 ppt sampai dengan 50 ppt.

3.2 Perancangan Logika Fuzzy

Pada penelitian Tugas Akhir penggunaan sistem logika fuzzy bertujuan untuk mengendalikan salinitas air dengan aktuator servo asin dan servo tawar, agar salinitas air pada aquarium stabil terjaga pada nilai yang telah ditentukan oleh *setpoint*. Sistem logika fuzzy yang akan digunakan adalah metode Tsukamoto. Berikut adalah *input*, *output* dan *rules* dalam sistem logika fuzzy yang akan diterapkan pada sistem kendali salinitas air yang telah dirancang.

3.2.1 Input Sistem Fuzzy

Pada derajat keanggotaan *fuzzy input* terdapat dua variabel yang diproses dalam sistem fuzzy yaitu, Salinitas dan Perubahan Salinitas. Salinitas adalah hasil pembacaan sensor salinitas yang mendekripsi salinitas atau kadar garam terlarut dalam air pada aquarium ikan nemo. Perubahan Salinitas adalah selisih antara nilai salinitas sekarang dengan salinitas sebelumnya.

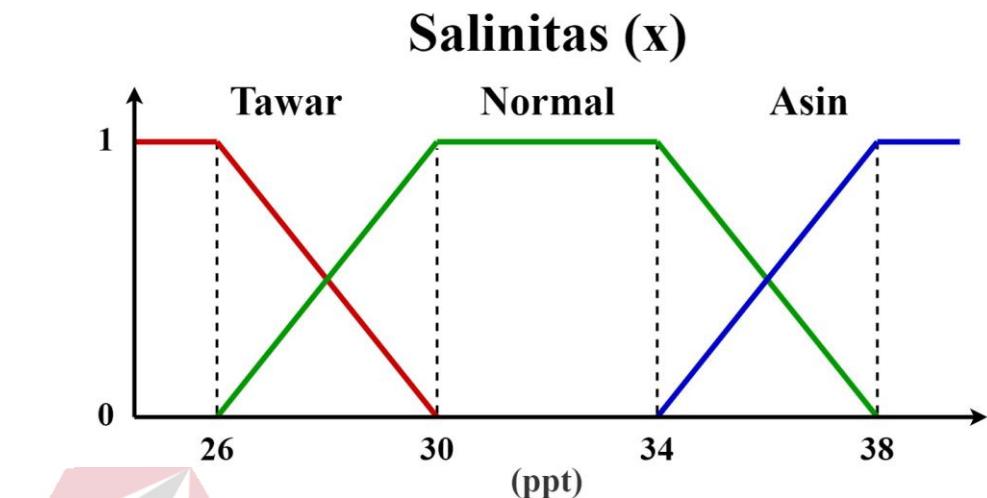
Pada masing – masing derajat keanggotaan *fuzzy input* terdapat 3 variabel linguistik. Dalam derajat keanggotaan *fuzzy input* Salinitas terdiri dari Tawar, Normal dan Asin, dengan jarak nilai 26 ppt s/d 38 ppt. Untuk himpunan Tawar bernilai 26 sampai dengan 30. Untuk himpunan Normal memiliki derajat satu untuk nilai 30 sampai dengan 34, berdasarkan nilai parameter kualitas air ikan nemo. Untuk himpunan Asin bernilai 34 sampai dengan 38.

Nilai 26 digunakan sebagai batas bawah dalam derajat keanggotaan Salinitas karena mengambil selisih 4 dari himpunan Normal yaitu 30. Begitupun nilai 38 yang digunakan pada batas atas dalam derajat keanggotaan Salinitas karena mengambil selisih 4 dari himpunan Normal yaitu 34. Hal ini juga dikarenakan berdasarkan hasil uji coba kemampuan pembacaan sensor dan untuk memperoleh *output* yang sesuai.

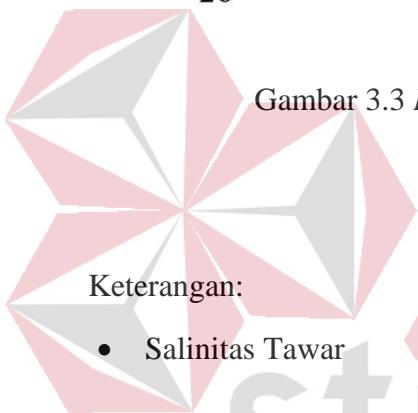
Sedangkan dalam derajat keanggotaan *fuzzy input* Perubahan Salinitas terdiri dari Turun, Sedang dan Naik, dengan jarak nilai -1 ppt s/d 1 ppt. Penggunaan jarak nilai -1 s/d 1 dikarenakan perubahan yang terjadi saat pembacaan sensor tidak lebih dari 1 dan tidak kurang dari -1.

Berikut adalah derajat keanggotaan *fuzzy input* himpunan Salinitas pada Gambar 3.3 dan Perubahan Salinitas Gambar 3.4.

a. *Input Himpunan Fuzzy Salinitas (x):*



Gambar 3.3 *Input Himpunan Fuzzy Salinitas*



INSTITUT BISNIS
DAN INFORMATIKA
Stikom
SURABAYA

Fungsi keanggotaan untuk *input* himpunan fuzzy Salinitas dapat dirumuskan

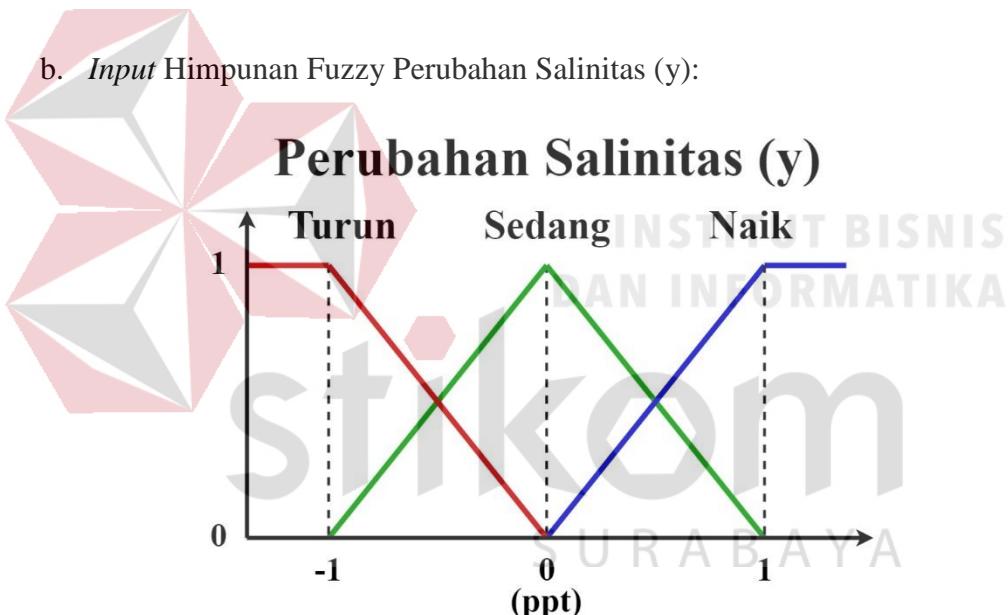
sebagai berikut:

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

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

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

b. *Input Himpunan Fuzzy Perubahan Salinitas (y):*



Gambar 3.4 *Input Himpunan Fuzzy Perubahan Salinitas*

Keterangan:

- Perubahan Salinitas Turun : $a = -1, b = 0$
- Perubahan Salinitas Sedang : $a = -1, b = 0, c = 1$
- Perubahan Salinitas Naik : $a = 0, b = 1$

Fungsi Keanggotaan untuk *input* himpunan fuzzy Perubahan Salinitas dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

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



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

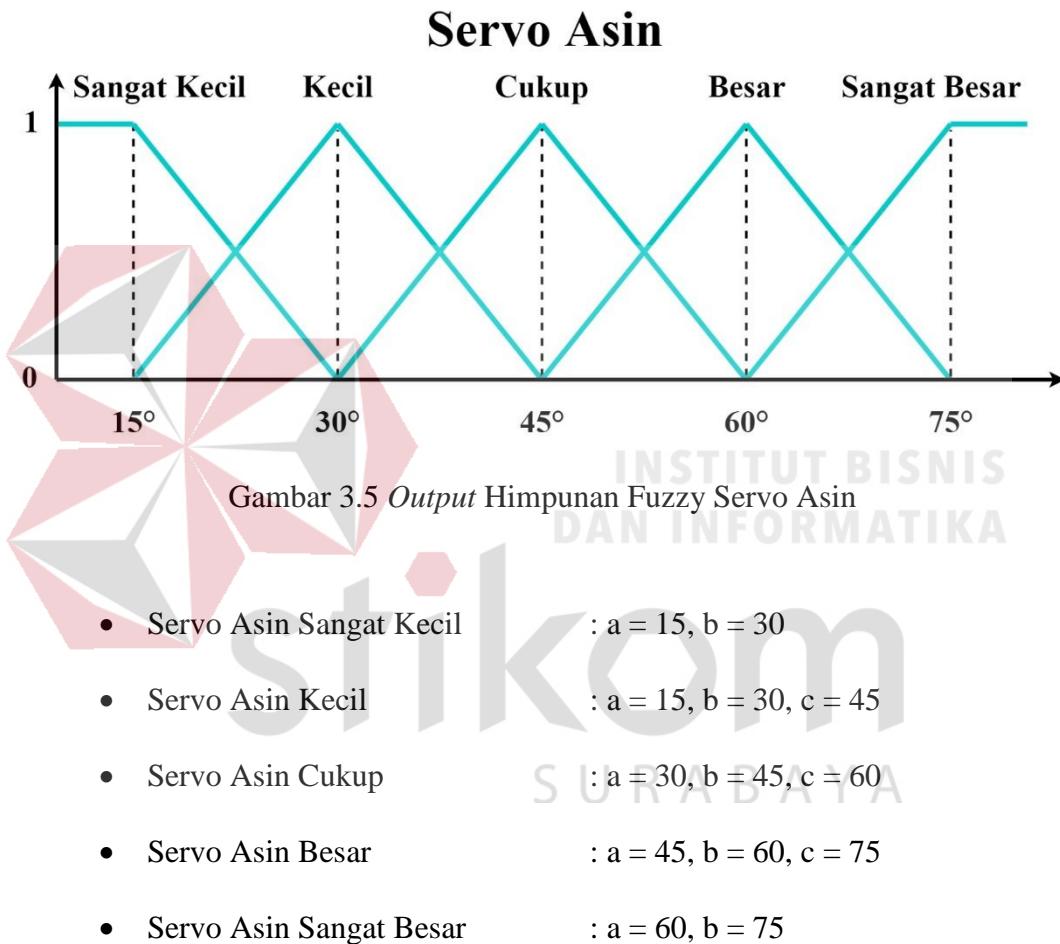
3.2.2 Output Sistem Fuzzy

Pada derajat kanggotaan *fuzzy output* terdapat dua variabel yang diproses dalam sistem logika fuzzy yaitu, Servo Asin dan Servo Tawar. Nilai Servo Asin atau Servo Tawar adalah hasil nilai derajat aktuator motor servo dari keluaran yang ditentukan oleh *fuzzy rules*.

Pada masing – masing derajat keanggotaan *fuzzy output* terdapat 5 variabel linguistik, terdiri dari Sangat Kecil, Kecil, Cukup, Besar dan Sangat Besar, dengan jarak nilai yaitu 15° s/d 75° . Selisih yang digunakan pada jarak nilai ouput adalah 15° , karena servo akan membuka secara

Derajat keanggotaan *output* himpunan fuzzy Servo Asin dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan *output* himpunan fuzzy Servo Tawar dapat dilihat pada Gambar 3.6.

a. *Output* Himpunan Fuzzy Servo Asin:

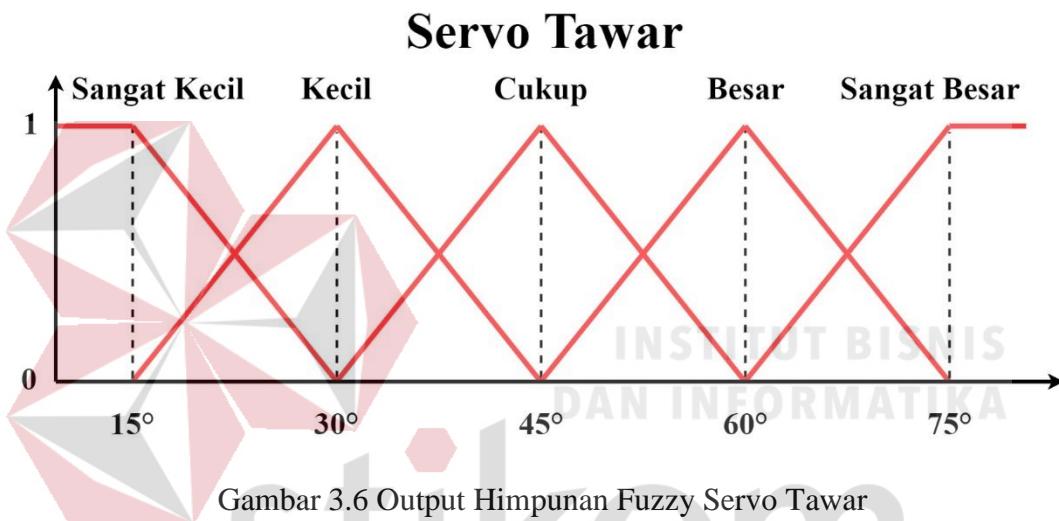


Fuzzy rules adalah aturan – aturan yang akan digunakan untuk menentukan nilai derajat aktuator motor servo sebagai pengatur besar kecilnya katup pada kran air asin. Berikut adalah *fuzzy rules* servo asin pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 *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. *Output Himpunan Fuzzy* Servo Tawar



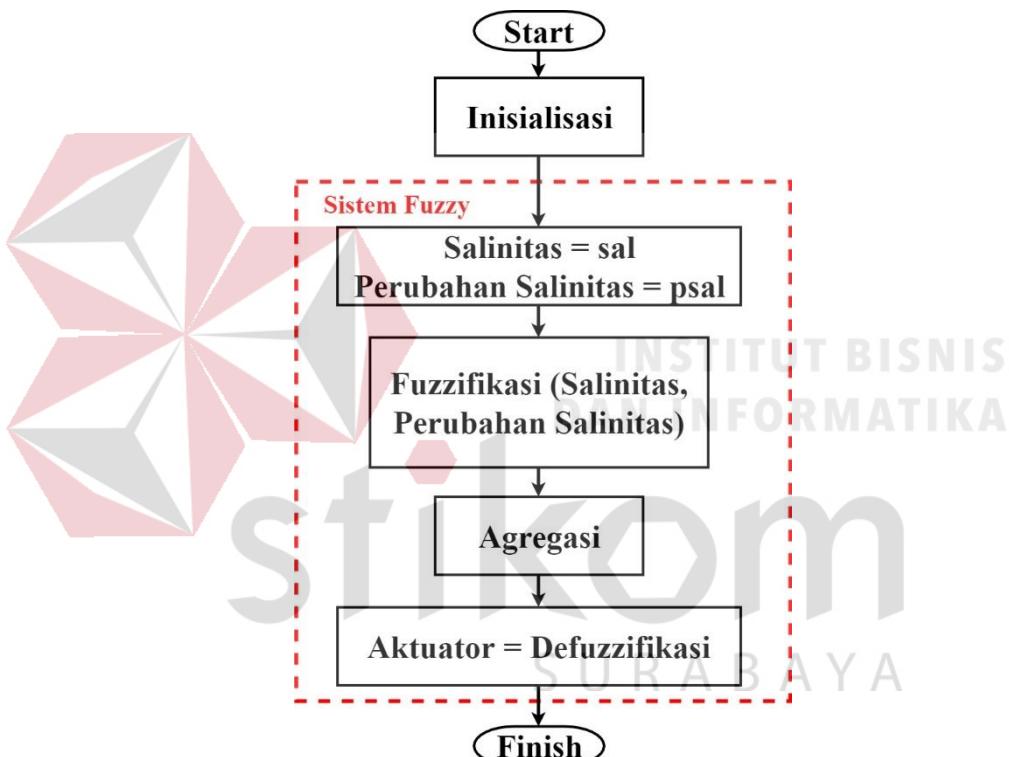
- Servo Asin Sangat Kecil : $a = 15, b = 30$
- Servo Asin Kecil : $a = 15, b = 30, c = 45$
- Servo Asin Cukup : $a = 30, b = 45, c = 60$
- Servo Asin Besar : $a = 45, b = 60, c = 75$
- Servo Asin Sangat Besar : $a = 60, b = 75$

Fuzzy rules adalah aturan – aturan yang akan digunakan untuk menentukan nilai derajat aktuator motor servo sebagai pengatur besar kecilnya katup pada kran air tawar. Berikut adalah *fuzzy rules* servo tawar pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 *Fuzzy Rules* Servo Tawar

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

3.2.3 Flowchart Sistem Fuzzy Tsukamoto

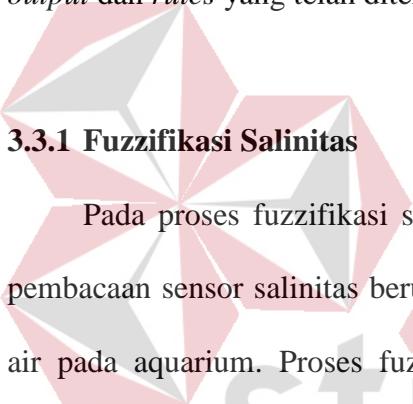
Gambar 3.7 *Flowchart* Sistem Fuzzy Tsukamoto

Flowchart fuzzy pada Gambar 3.7 diatas, diawali dengan melakukan inisialisasi *port* pada modul, kemudian sensor akan membaca nilai salinitas yang terkandung dalam air pada aquarium ikan nemo, lalu data akan dikirim ke mikrokontroler Arduino Uno R3. Setelah nilai diterima, maka akan dimasukkan kedalam variabel yang telah ditentukan. Nilai dalam variabel akan 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 akan mendapatkan nilai hasil keluaran yang berfungsi sebagai penentu derajat servo untuk mengendalikan aktuator berupa dua buah motor servo.

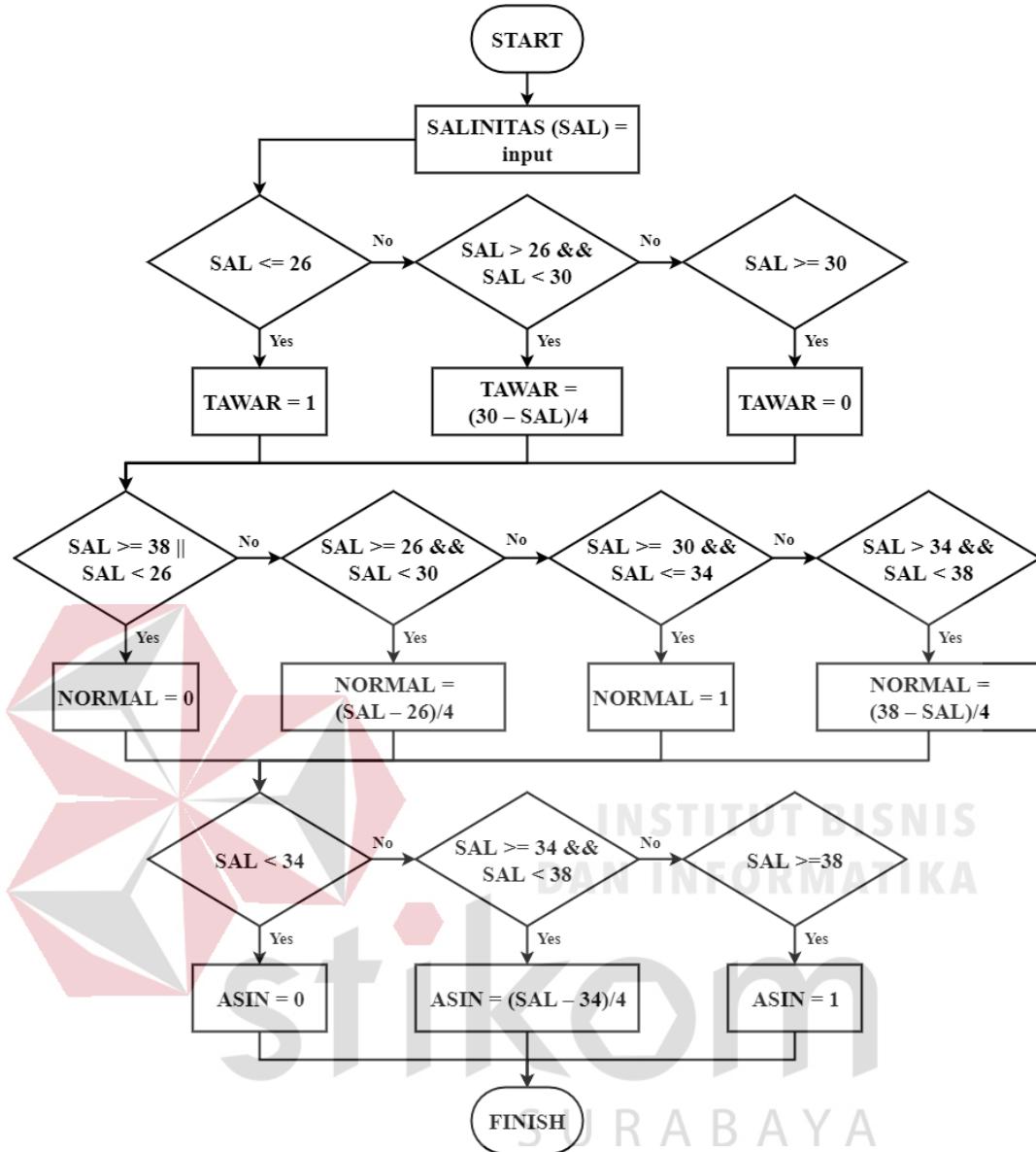
3.3 Logika Fuzzy Metode Tsukamoto

Pada tahap ini dijelaskan tentang rancangan logika fuzzy untuk fuzzifikasi, agregasi dan defuzzifikasi menggunakan metode Tsukamoto dengan acuan *input output* dan *rules* yang telah ditentukan.



3.3.1 Fuzzifikasi Salinitas

Pada proses fuzzifikasi salinitas, data yang akan diproses didapatkan dari pembacaan sensor salinitas berupa nilai salinitas atau kadar garam terlarut dalam air pada aquarium. Proses fuzzifikasi berdasarkan aturan – aturan yang telah ditentukan. Terdapat tiga variabel pada himpunan salinitas antara lain Tawar, Normal dan Asin. Berikut *flowchart* fuzzifikasi salinitas pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Flowchart Fuzzifikasi Salinitas

Pada kondisi pertama nilai salinitas yang terbaca oleh sensor akan masuk pada fuzzifikasi kondisi tawar, jika nilai salinitas kurang dari sama dengan 26 ppt, maka salinitas termasuk tawar dengan nilai pada interval 1. Apabila kondisi belum terpenuhi maka akan masuk pada kondisi kedua yaitu, jika nilai salinitas lebih dari sama dengan 26 ppt dan kurang dari sama dengan 30 ppt, maka nilai pada salinitas tawar akan diolah menggunakan rumus representasi linear turun. Apabila kondisi masih belum terpenuhi dari kondisi kedua maka masuk pada kondisi terakhir yaitu,

jika nilai salinitas lebih dari 30 ppt, maka nilai salinitas tidak termasuk kondisi tawar dengan nilai pada interval 0.

Pada kondisi kedua nilai salinitas yang terbaca oleh sensor akan masuk pada fuzzifikasi kondisi normal, jika nilai salinitas kurang dari sama dengan 26 ppt atau lebih dari sama dengan 38 ppt, maka salinitas tidak termasuk dalam kondisi normal dengan nilai pada interval 0. Apabila kondisi belum terpenuhi maka akan masuk ke kondisi kedua yaitu jika nilai salinitas lebih dari sama dengan 26 ppt dan lebih dari sama dengan 30 ppt, maka nilai pada salinitas normal akan diolah menggunakan rumus represenstasi linear naik. Apabila kondisi masih belum terpenuhi maka akan masuk ke kondisi ketiga yaitu, jika nilai salinitas diantara 30 ppt sampai dengan 34 ppt, maka salinitas termasuk normal dengan nilai pada interval 1. Apabila kondisi masih belum terpenuhi maka akan masuk ke kondisi terakhir yaitu, jika nilai salinitas lebih dari sama dengan 34 ppt dan kurang dari sama dengan 38 ppt, maka nilai pada salinitas normal akan diolah menggunakan rumus representasi linear turun.

Pada kondisi ketiga nilai salinitas yang terbaca oleh sensor akan masuk pada fuzzifikasi kondisi asin, jika nilai salinitas kurang dari sama dengan 38 ppt, maka salinitas tidak termasuk asin dengan nilai pada interval 0. Apabila kondisi belum terpenuhi maka akan masuk pada kondisi kedua yaitu, jika nilai salinitas lebih dari sama dengan 34 ppt dan kurang dari sama dengan 38 ppt, maka nilai pada salinitas asin akan diolah menggunakan rumus represenstasi linear naik. Apabila kondisi masih belum terpenuhi dari kondisi kedua maka masuk pada kondisi terakhir yaitu, jika nilai salinitas lebih dari 38 ppt, maka nilai salinitas termasuk kondisi asin dengan nilai pada interval 1.

Pada suatu contoh sebuah percobaan dengan nilai salinitas yang sudah ditentukan yaitu 27. Apabila salinitas adalah 27, maka termasuk dalam himpunan TAWAR dengan $\mu_{TAWAR}[27]$; namun juga termasuk dalam himpunan NORMAL dengan $\mu_{NORMAL}[27]$.

Perhitungan mencari nilai fungsi keanggotaan adalah menggunakan rumus representasi linier turun untuk himpunan Salinitas TAWAR dan rumus representasi linier naik untuk himpunan Salinitas NORMAL. Dapat dijelaskan dibawah ini rumus untuk mencari tiap – tiap nilai fungsi keanggotaan yang digunakan.

Perhitungan nilai fungsi keanggotaan untuk himpunan TAWAR pada variabel Salinitas adalah sebagai berikut:

$$\mu_{TAWAR}[27] = \frac{(30 - SAL)}{(30 - 26)}$$

$$= \frac{(30 - 27)}{(30 - 26)}$$

$$= \frac{3}{4}$$

$$\equiv 0,75$$

Perhitungan nilai fungsi keanggotaan untuk himpunan NORMAL pada variabel Salinitas adalah sebagai berikut:

$$\mu_{NORMAL}[27] = \frac{(SAL - 26)}{(30 - 26)}$$

$$= \frac{(27 - 26)}{(30 - 26)}$$

$$= \frac{1}{4}$$

$$= 0,25$$

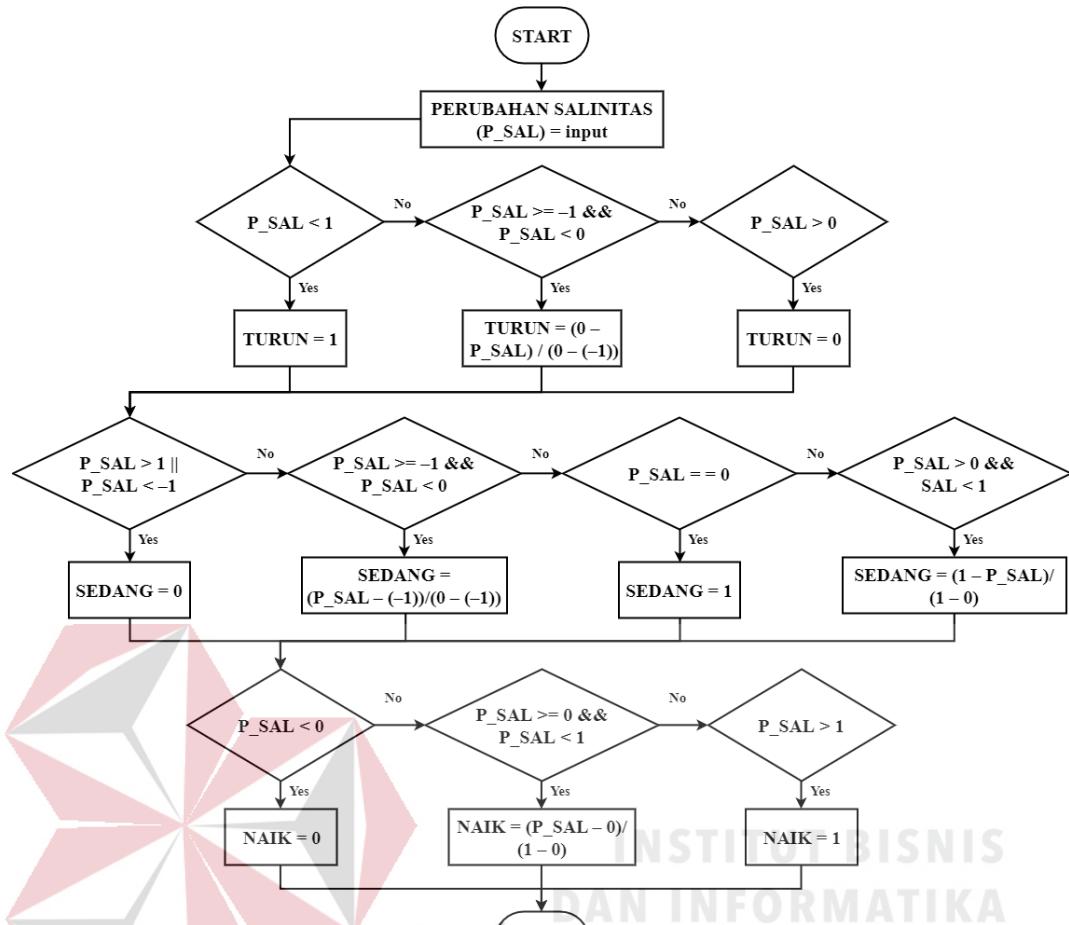
Perhitungan nilai fungsi keanggotaan untuk himpunan ASIN pada variabel Salinitas adalah nol, karena nilai salinitas berada di range nilai lebih dari 26.

$$\mu_{ASIN}[27] = 0$$

3.3.2 Fuzzifikasi Perubahan Salinitas

Pada fuzzifikasi perubahan salinitas, data yang diproses didapat dari perbandingan nilai salinitas sebelumnya dan nilai salinitas sekarang yang ada pada air laut di dalam aquarium. Proses fuzzifikasi berdasarkan aturan – aturan yang telah ditentukan. Terdapat tiga himpunan fuzzy dari perubahan salinitas antara lain Turun, Sedang dan Naik. Berikut *flowchart* fuzzifikasi perubahan salinitas pada Gambar 3.9.





Gambar 3.9 Flowchart Fuzzifikasi Perubahan Salinitas

Pada kondisi pertama nilai perubahan salinitas yang terbaca oleh sensor akan masuk pada fuzzifikasi kondisi turun, jika nilai perubahan salinitas kurang dari sama dengan -1 ppt , maka perubahan salinitas termasuk turun dengan nilai pada interval 1. Apabila kondisi belum terpenuhi maka akan masuk pada kondisi kedua yaitu, jika nilai perubahan salinitas lebih dari sama dengan -1 ppt dan kurang dari sama dengan 0 ppt , maka nilai pada perubahan salinitas turun akan diolah menggunakan rumus representasi linear turun. Apabila kondisi masih belum terpenuhi dari kondisi kedua maka masuk pada kondisi terakhir yaitu, jika nilai perubahan salinitas lebih dari 0 ppt , maka nilai perubahan salinitas tidak termasuk kondisi turun dengan nilai pada interval 0.

Pada kondisi kedua nilai perubahan salinitas yang terbaca oleh sensor akan masuk pada fuzzifikasi kondisi sedang, jika nilai perubahan salinitas kurang dari sama dengan -1 ppt atau lebih dari sama dengan 1 ppt , maka perubahan salinitas tidak termasuk dalam kondisi sedang dengan nilai pada interval 0. Apabila kondisi belum terpenuhi maka akan masuk ke kondisi kedua yaitu jika nilai perubahan salinitas lebih dari sama dengan -1 ppt dan kurang dari sama dengan 0 ppt , maka nilai pada perubahan salinitas sedang akan diolah menggunakan rumus representasi linear naik. Apabila kondisi masih belum terpenuhi maka akan masuk ke kondisi ketiga yaitu, jika nilai perubahan salinitas sama dengan 0 ppt , maka nilai pada perubahan salinitas termasuk sedang dengan nilai pada interval 1. Apabila kondisi masih belum terpenuhi maka akan masuk ke kondisi terakhir yaitu, jika nilai perubahan salinitas lebih dari sama dengan 0 ppt dan kurang dari sama dengan 1 ppt , maka nilai pada perubahan salinitas sedang akan diolah menggunakan rumus representasi linear turun.

Pada kondisi ketiga nilai perubahan salinitas yang terbaca oleh sensor akan masuk pada fuzzifikasi kondisi naik, jika nilai perubahan salinitas kurang dari sama dengan 1 ppt , maka perubahan salinitas tidak termasuk naik dengan nilai pada interval 0. Apabila kondisi belum terpenuhi maka akan masuk pada kondisi kedua yaitu, jika nilai perubahan salinitas lebih dari sama dengan 0 ppt dan kurang dari sama dengan 1 ppt , maka nilai pada perubahan salinitas asin akan diolah menggunakan rumus representasi linear naik. Apabila kondisi masih belum terpenuhi dari kondisi kedua maka masuk pada kondisi terakhir yaitu, jika nilai perubahan salinitas lebih dari 1 ppt , maka nilai salinitas termasuk kondisi asin dengan nilai pada interval 1.

Terdapat beberapa nilai perubahan salinitas, diantaranya 0,3. Apabila perubahan salinitas adalah 0,3 maka termasuk dalam himpunan SEDANG dengan $\mu_{SEDANG}[0,3]$; namun juga termasuk dalam himpunan NAIK dengan $\mu_{NAIK}[0,3]$. Perhitungan untuk mencari nilai fungsi keanggotaan adalah menggunakan rumus representasi linier turun untuk himpunan Perubahan Salinitas SEDANG dan rumus representasi linier naik untuk himpunan Perubahan Salinitas NAIK. Dapat dijelaskan dibawah ini rumus untuk mencari tiap – tiap fungsi keanggotaan yang digunakan.

Perhitungan nilai fungsi keanggotaan untuk himpunan TURUN pada variabel Perubahan Salinitas adalah nol, karena nilai perubahan salinitas berada di range nilai kurang dari 0.

$$\mu_{TURUN}[0,3] = 0$$

Perhitungan nilai fungsi keanggotaan untuk himpunan SEDANG pada variabel Perubahan Salinitas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\mu_{SEDANG}[0,3] &= \frac{(1 - PSAL)}{(1 - 0)} \\ &= \frac{(1 - 0,3)}{(1 - 0)} \\ &= \frac{0,7}{1} \\ &= 0,7\end{aligned}$$

Perhitungan nilai fungsi keanggotaan untuk himpunan NAIK pada variabel Perubahan Salinitas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{NORMAL}}[0,3] &= \frac{(\text{PSAL} - 0)}{(1 - 0)} \\ &= \frac{(0,3 - 0)}{(1 - 0)} \\ &= \frac{0,3}{1} \\ &= 0,3\end{aligned}$$

3.3.3 Agregasi

Pada tahap agregasi adalah mencari nilai $a - \text{predikat}_n$ untuk *fuzzy rules* yang digunakan dengan metode fungsi MIN. Lihat Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 untuk menentukan *fuzzy rules* yang akan digunakan pada sebuah contoh kasus diatas.

Tabel 3.3 Ketentuan Fuzzy Rules Servo Asin

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

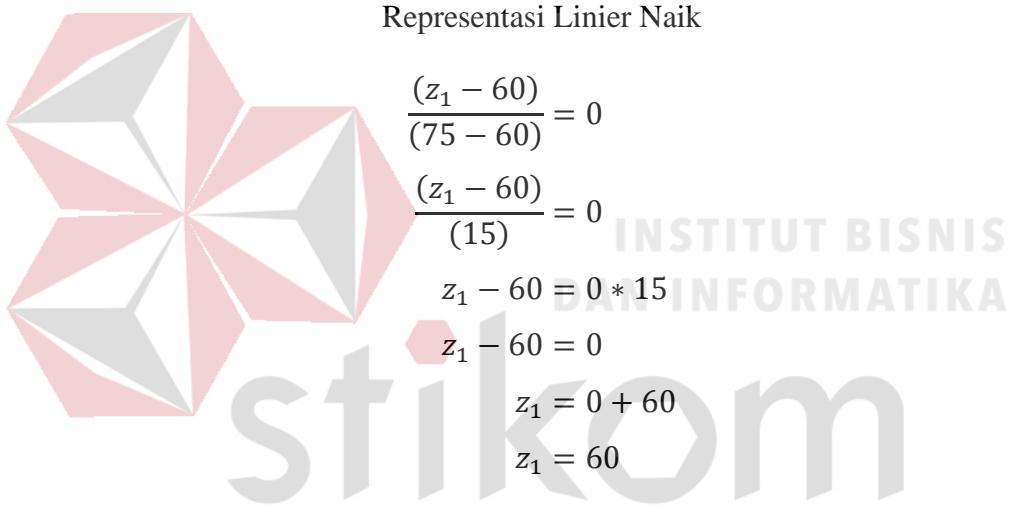
Tabel 3. 4 Ketentuan Fuzzy Rules Servo Tawar

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

[R1] IF Salinitas **TAWAR** And Perubahan Salinitas **TURUN** THEN Servo Asin
SANGAT BESAR dan Servo Tawar **SANGAT KECIL**;

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_1 &= \mu_{\text{SalTAWAR}} \cap \mu_{\text{PsalTURUN}} \\
 &= \min(\mu_{\text{SalTAWAR}}(0,75), \mu_{\text{PsalTURUN}}(0)) \\
 &= \min(0,75; 0) \\
 \alpha p_1 &= 0
 \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Servo Asin [Sangat Besar]



Fungsi Keanggotaan Servo Tawar [Sangat Kecil]

Representasi Linier Turun

$$\begin{aligned}
 \frac{(30 - z_1)}{(30 - 15)} &= 0 \\
 \frac{(30 - z_1)}{(15)} &= 0 \\
 30 - z_1 &= 0 * 15 \\
 30 - z_1 &= 0 \\
 z_1 &= 30 - 0 \\
 z_1 &= 30
 \end{aligned}$$

[R2] IF Salinitas **TAWAR** And Perubahan Salinitas **SEDANG** THEN Servo Asin

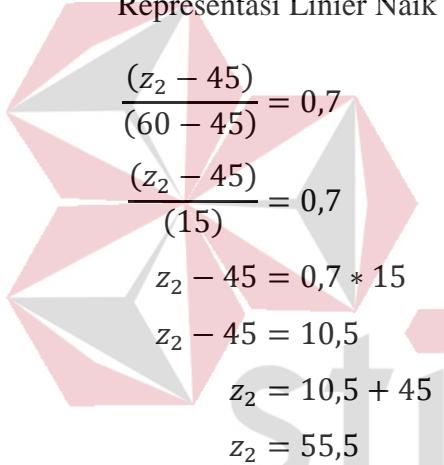
BESAR dan Servo Tawar **KECIL**;

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_2 &= \mu_{\text{SalTAWAR}} \cap \mu_{\text{PsalSEDANG}} \\ &= \min(\mu_{\text{SalTAWAR}}(0,75), \mu_{\text{PsalSEDANG}}(0,7)) \\ &= \min(0,75; 0,7)\end{aligned}$$

$$\alpha p_2 = 0,7$$

Fungsi Keanggotaan Servo Asin [Besar]

Representasi Linier Naik



Representasi Linier Turun

$$\begin{aligned}\frac{(75 - z_3)}{(75 - 60)} &= 0,7 \\ \frac{(75 - z_3)}{(15)} &= 0,7 \\ 75 - z_3 &= 0,7 * 15 \\ 75 - z_3 &= 10,5 \\ z_3 &= 75 - 10,5 \\ z_3 &= 64,5\end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Servo Tawar [Kecil]

Representasi Linier Naik

$$\begin{aligned}\frac{(z_2 - 15)}{(30 - 15)} &= 0,7 \\ \frac{(z_2 - 15)}{(15)} &= 0,7 \\ z_2 - 15 &= 0,7 * 15 \\ z_2 - 15 &= 10,5 \\ z_2 &= 10,5 + 15 \\ z_2 &= 25,5\end{aligned}$$

Representasi Linier Turun

$$\begin{aligned}\frac{(45 - z_3)}{(45 - 30)} &= 0,7 \\ \frac{(45 - z_3)}{(15)} &= 0,7 \\ 45 - z_3 &= 0,7 * 15 \\ 45 - z_3 &= 10,5 \\ z_3 &= 45 - 10,5 \\ z_3 &= 34,5\end{aligned}$$

[R3] IF Salinitas **TAWAR** And Perubahan Salinitas **NAIK** THEN Servo Asin

CUKUP dan Servo Tawar **CUKUP**;

$$\alpha - \text{predikat}_3 = \mu_{\text{SalTAWAR}} \cap \mu_{\text{PsalNAIK}}$$

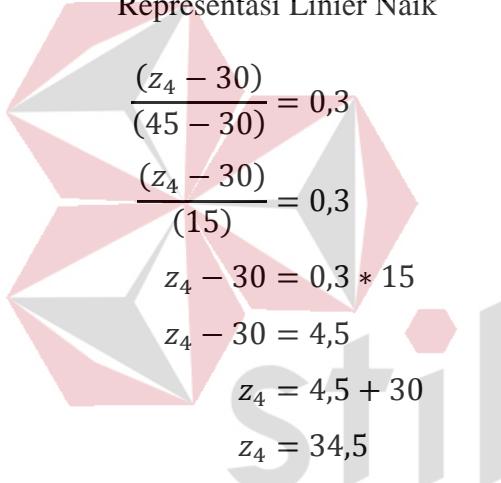
$$= \min(\mu_{\text{SalTAWAR}}(0,75), \mu_{\text{PsalNAIK}}(0,3))$$

$$= \min(0,75; 0,3)$$

$$\alpha p_3 = 0,3$$

Fungsi Keanggotaan Servo Asin [Cukup]

Representasi Linier Naik



Representasi Linier Turun

$$\frac{(60 - z_5)}{(60 - 30)} = 0,3$$

$$\frac{(60 - z_5)}{(15)} = 0,3$$

$$60 - z_5 = 0,3 * 15$$

$$60 - z_5 = 4,5$$

$$z_5 = 60 - 4,5$$

$$z_5 = 55,5$$

Fungsi Keanggotaan Servo Tawar [Cukup]

Representasi Linier Naik

$$\frac{(z_4 - 30)}{(45 - 30)} = 0,3$$

$$\frac{(z_4 - 30)}{(15)} = 0,3$$

$$z_4 - 30 = 0,3 * 15$$

$$z_4 - 30 = 4,5$$

$$z_4 = 4,5 + 30$$

$$z_4 = 34,5$$

Representasi Linier Turun

$$\frac{(60 - z_5)}{(60 - 30)} = 0,3$$

$$\frac{(60 - z_5)}{(15)} = 0,3$$

$$60 - z_5 = 0,3 * 15$$

$$60 - z_5 = 4,5$$

$$z_5 = 60 - 4,5$$

$$z_5 = 55,5$$

[R4] IF Salinitas **NORMAL** And Perubahan Salinitas **TURUN** THEN Servo Asin

BESAR dan Servo Tawar **KECIL**;

$$\alpha - \text{predikat}_4 = \mu_{\text{SalNORMAL}} \cap \mu_{\text{PsalTURUN}}$$

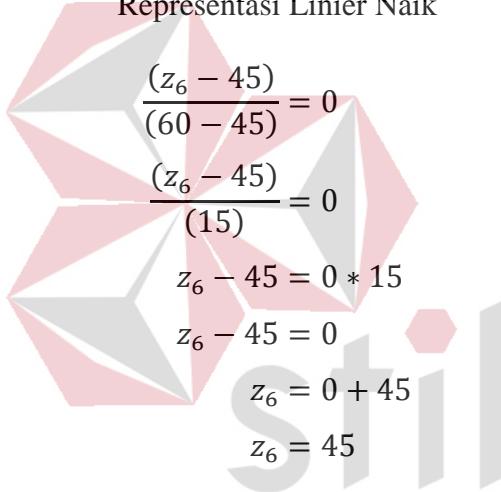
$$= \min(\mu_{\text{SalNORMAL}}(0,25), \mu_{\text{PsalTURUN}}(0))$$

$$= \min(0,25; 0)$$

$$\alpha p_4 = 0$$

Fungsi Keanggotaan Servo Asin [Besar]

Representasi Linier Naik



Representasi Linier Turun

$$\frac{(75 - z_7)}{(75 - 60)} = 0$$

$$\frac{(75 - z_7)}{(15)} = 0$$

$$75 - z_7 = 0 * 15$$

$$75 - z_7 = 0$$

$$z_7 = 75 - 0$$

$$z_7 = 75$$

Fungsi Keanggotaan Servo Tawar [Kecil]

Representasi Linier Naik

$$\frac{(z_6 - 15)}{(30 - 15)} = 0$$

$$\frac{(z_6 - 15)}{(15)} = 0$$

$$z_6 - 15 = 0 * 15$$

$$z_6 - 15 = 0$$

$$z_6 = 0 + 15$$

$$z_6 = 15$$

Representasi Linier Turun

$$\frac{(45 - z_7)}{(45 - 30)} = 0$$

$$\frac{(45 - z_7)}{(15)} = 0$$

$$45 - z_7 = 0 * 15$$

$$45 - z_7 = 0$$

$$z_7 = 45 - 0$$

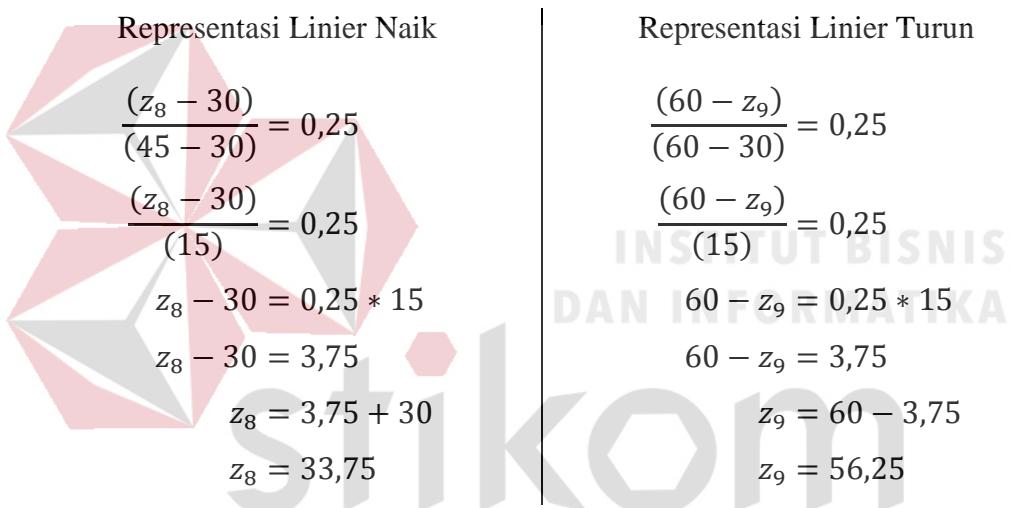
$$z_7 = 45$$

[R5] IF Salinitas **NORMAL** And Perubahan Salinitas **SEDANG** THEN Servo

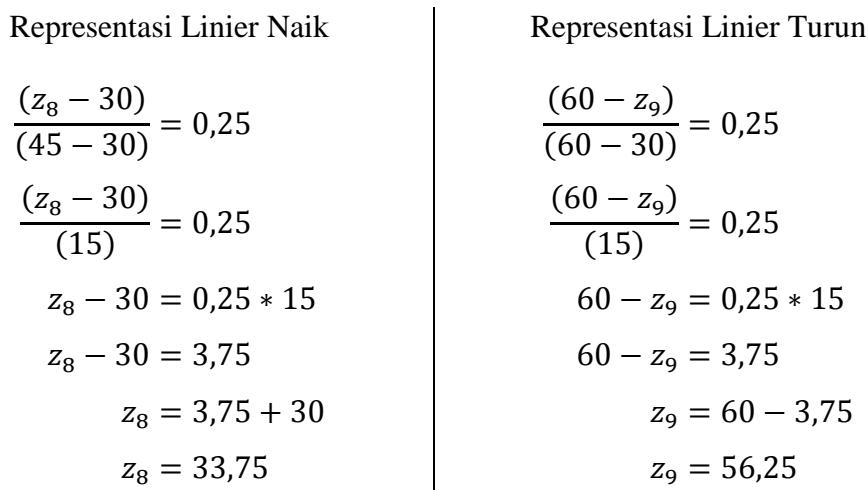
Asin **CUKUP** dan Servo Tawar **CUKUP**;

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_5 &= \mu_{\text{SalNORMAL}} \cap \mu_{\text{PsalSEDANG}} \\
 &= \min(\mu_{\text{SalNORMAL}}(0,25), \mu_{\text{PsalSEDANG}}(0,7)) \\
 &= \min(0,25; 0,7) \\
 \alpha p_5 &= 0,25
 \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Servo Asin [Cukup]



Fungsi Keanggotaan Servo Tawar [Cukup]



[R6] IF Salinitas **NORMAL** And Perubahan Salinitas **NAIK** THEN Servo Asin

KECIL dan Servo Tawar **BESAR**;

$$\alpha - \text{predikat}_6 = \mu_{\text{SalNORMAL}} \cap \mu_{\text{PsalNAIK}}$$

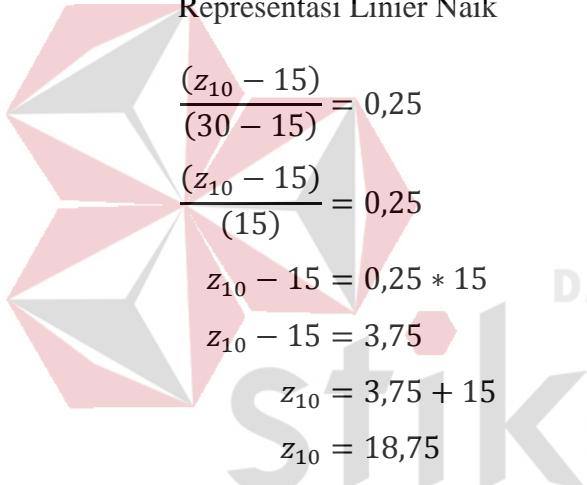
$$= \min(\mu_{\text{SalNORMAL}}(0,25), \mu_{\text{PsalNAIK}}(0,3))$$

$$= \min(0,25; 0,3)$$

$$\alpha p_6 = 0,25$$

Fungsi Keanggotaan Servo Asin [Kecil]

Representasi Linier Naik



Representasi Linier Turun

$$\frac{(45 - z_{11})}{(45 - 30)} = 0,25$$

$$\frac{(45 - z_{11})}{(15)} = 0,25$$

$$45 - z_{11} = 0,25 * 15$$

$$45 - z_{11} = 3,75$$

$$z_{11} = 45 - 3,75$$

$$z_{11} = 41,25$$

Fungsi Keanggotaan Servo Tawar [Besar]

Representasi Linier Naik

$$\frac{(z_{10} - 45)}{(60 - 45)} = 0,25$$

$$\frac{(z_{10} - 45)}{(15)} = 0,25$$

$$z_{10} - 45 = 0,25 * 15$$

$$z_{10} - 45 = 3,75$$

$$z_{10} = 3,75 + 45$$

$$z_{10} = 48,75$$

Representasi Linier Turun

$$\frac{(75 - z_{11})}{(75 - 60)} = 0,25$$

$$\frac{(75 - z_{11})}{(15)} = 0,25$$

$$75 - z_{11} = 0,25 * 15$$

$$75 - z_{11} = 3,75$$

$$z_{11} = 75 - 3,75$$

$$z_{11} = 71,25$$

[R7] IF Salinitas **ASIN** And Perubahan Salinitas **TURUN** THEN Servo Asin

CUKUP dan Servo Tawar **CUKUP**;

$$\alpha - \text{predikat}_7 = \mu_{\text{SalASIN}} \cap \mu_{\text{PsalTURUN}}$$

$$= \min(\mu_{\text{SalASIN}}(0), \mu_{\text{PsalTURUN}}(0))$$

$$= \min(0; 0)$$

$$\alpha p_7 = 0$$

Fungsi Keanggotaan Servo Asin [Cukup]

| Representasi Linier Naik | Representasi Linier Turun |
|--|---|
|  $\frac{(z_{12} - 30)}{(45 - 30)} = 0$ $\frac{(z_{12} - 30)}{(15)} = 0$ $z_{12} - 30 = 0 * 15$ $z_{12} - 30 = 0$ $z_{12} = 0 + 30$ $z_{12} = 30$ | $\frac{(60 - z_{13})}{(60 - 45)} = 0$ $\frac{(60 - z_{13})}{(15)} = 0$ $60 - z_{13} = 0 * 15$ $60 - z_{13} = 0$ $z_{13} = 60 - 0$ $z_{13} = 60$ |

Fungsi Keanggotaan Servo Tawar [Cukup]

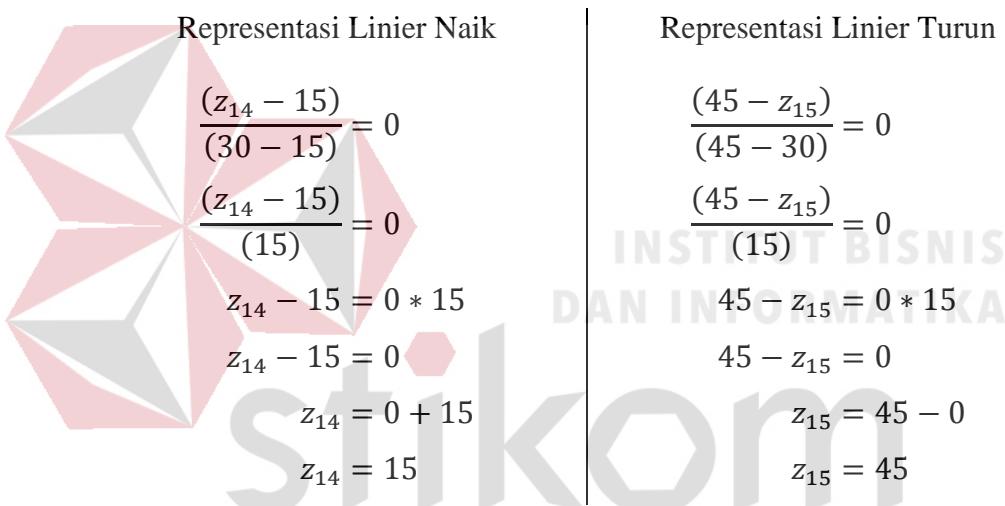
| Representasi Linier Naik | Representasi Linier Turun |
|---|---|
| $\frac{(z_{12} - 30)}{(45 - 30)} = 0$ $\frac{(z_{12} - 30)}{(15)} = 0$ $z_{12} - 30 = 0 * 15$ $z_{12} - 30 = 0$ $z_{12} = 0 + 30$ $z_{12} = 30$ | $\frac{(60 - z_{13})}{(60 - 45)} = 0$ $\frac{(60 - z_{13})}{(15)} = 0$ $60 - z_{13} = 0 * 15$ $60 - z_{13} = 0$ $z_{13} = 60 - 0$ $z_{13} = 60$ |

[R8] IF Salinitas **ASIN** And Perubahan Salinitas **SEDANG** THEN Servo Asin

KECIL dan Servo Tawar **BESAR**;

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_8 &= \mu_{\text{SalASIN}} \cap \mu_{\text{PsalSEDANG}} \\
 &= \min(\mu_{\text{SalASIN}}(0), \mu_{\text{PsalSEDANG}}(0,7)) \\
 &= \min(0; 0,7) \\
 \alpha p_8 &= 0
 \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Servo Asin [Kecil]



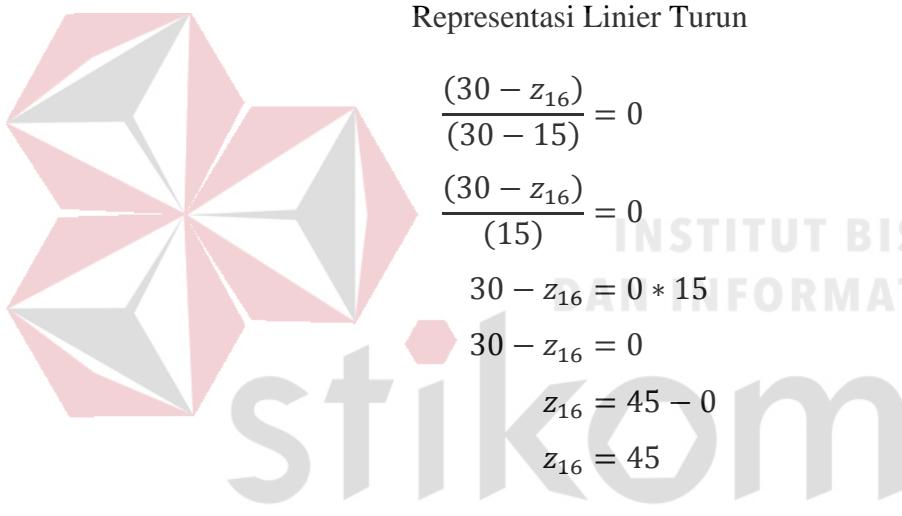
Fungsi Keanggotaan Servo Tawar [Besar]

| <p>Representasi Linier Naik</p> $ \begin{aligned} \frac{(z_{14} - 45)}{(60 - 45)} &= 0 \\ \frac{(z_{14} - 45)}{(15)} &= 0 \\ z_{14} - 45 &= 0 * 15 \\ z_{14} - 45 &= 0 \\ z_{14} &= 0 + 45 \\ z_{14} &= 45 \end{aligned} $ | <p>Representasi Linier Turun</p> $ \begin{aligned} \frac{(75 - z_{15})}{(75 - 60)} &= 0 \\ \frac{(75 - z_{15})}{(15)} &= 0 \\ 75 - z_{15} &= 0 * 15 \\ 75 - z_{15} &= 0 \\ z_{15} &= 75 - 0 \\ z_{15} &= 75 \end{aligned} $ |
|---|--|
|---|--|

[R9] IF Salinitas **ASIN** **And** Perubahan Salinitas **NAIK** THEN Servo Asin **SANGAT KECIL** dan Servo Tawar **SANGAT BESAR**;

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_9 &= \mu_{\text{SalASIN}} \cap \mu_{\text{SalNAIK}} \\
 &= \min(\mu_{\text{SalASIN}}(0), \mu_{\text{SalNAIK}}(0,3)) \\
 &= \min(0; 0,3) \\
 \alpha p_9 &= 0
 \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Servo Asin [Sangat Kecil]



Fungsi Keanggotaan Servo Tawar [Sangat Besar]

Representasi Linier Naik

$$\begin{aligned}
 \frac{(z_{16} - 60)}{(60 - 45)} &= 0 \\
 \frac{(z_{16} - 60)}{(15)} &= 0 \\
 z_{16} - 60 &= 0 * 15 \\
 z_{16} - 60 &= 0 \\
 z_{16} &= 0 + 60 \\
 z_{16} &= 60
 \end{aligned}$$

3.3.4 Defuzzifikasi

1. Defuzzifikasi Servo Asin

Data yang telah didapatkan dari proses fuzzifikasi dan agregasi akan diproses pada tahap defuzzifikasi. Proses ini berfungsi untuk mencari Zout, yang digunakan untuk pengolahan pemberian nilai derajat servo pada aktuator servo asin.

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{out}} &= \frac{(\alpha p_1 * z_1) + (\alpha p_2 * z_2) + (\alpha p_3 * z_3) + (\alpha p_4 * z_4) + (\alpha p_5 * z_5) + \\
 &\quad (\alpha p_6 * z_6) + (\alpha p_7 * z_7) + (\alpha p_8 * z_8) + (\alpha p_9 * z_9) + (\alpha p_{10} * z_{10}) + (\alpha p_{11} * z_{11}) + \\
 &\quad (\alpha p_{12} * z_{12}) + (\alpha p_{13} * z_{13}) + (\alpha p_{14} * z_{14}) + (\alpha p_{15} * z_{15}) + (\alpha p_{16} * z_{16})}{(\alpha p_1 + \alpha p_2 + \alpha p_3 + \alpha p_4 + \alpha p_5 + \alpha p_6 + \alpha p_7 + \alpha p_8 + \alpha p_9) * 2} \\
 Z_{\text{out}} &= \frac{(0 * 60) + (0,7 * 55,5) + (0,7 * 64,5) + (0,3 * 34,5) + (0,3 * 55,5) + \\
 &\quad (0 * 15) + (0 * 45) + (0,25 * 33,75) + (0,25 * 56,25) + (0,25 * 18,75) + (0,25 * 41,25) + \\
 &\quad (0 * 30) + (0 * 60) + (0 * 15) + (0 * 45) + (0 * 30)}{(0 + 0,7 + 0,3 + 0,25 + 0,25 + 0 + 0 + 0) * 2} \\
 Z_{\text{out}} &= \frac{(0) + (38,85) + (41,15) + (10,35) + (16,65) + (0) + (0) + \\
 &\quad (8,4375) + (14,0625) + (4,6875) + (10,3125) + (0) + (0) + (0) + (0)}{(1,5) * 2} \\
 Z_{\text{out}} &= \frac{148,5}{3} = 49,5
 \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan menggunakan logika fuzzy metode Tsukamoto dengan nilai input Salinitas 27 dan Perubahan Salinitas 0,3 mendapatkan hasil akhir untuk *output* Servo Asin sebesar $49,5^\circ$.

2. Defuzzifikasi Servo Tawar

Data yang telah didapatkan dari proses fuzzifikasi dan agregasi akan diproses pada tahap defuzzifikasi. Proses ini berfungsi untuk mencari Zout, yang digunakan untuk pengolahan pemberian nilai derajat servo pada aktuator servo tawar.

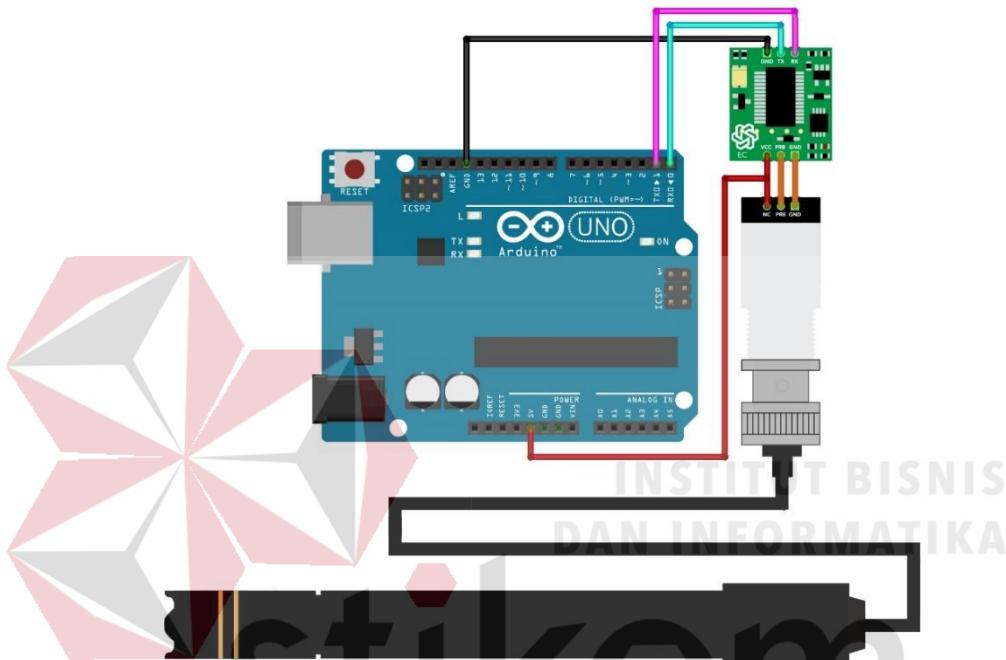
$$\begin{aligned}
 Z_{\text{out}} &= \frac{(\alpha p_1 * z_1) + (\alpha p_2 * z_2) + (\alpha p_2 * z_3) + (\alpha p_3 * z_4) + (\alpha p_3 * z_5) + \\
 &\quad (\alpha p_4 * z_6) + (\alpha p_4 * z_7) + (\alpha p_5 * z_8) + (\alpha p_5 * z_9) + (\alpha p_6 * z_{10}) + (\alpha p_6 * z_{11}) + \\
 &\quad (\alpha p_7 * z_{12}) + (\alpha p_7 * z_{13}) + (\alpha p_8 * z_{14}) + (\alpha p_8 * z_{15}) + (\alpha p_9 * z_{16})}{(\alpha p_1 + \alpha p_2 + \alpha p_3 + \alpha p_4 + \alpha p_5 + \alpha p_6 + \alpha p_7 + \alpha p_8 + \alpha p_9) * 2} \\
 Z_{\text{out}} &= \frac{(0 * 30) + (0,7 * 25,5) + (0,7 * 34,5) + (0,3 * 34,5) + (0,3 * 55,5) + \\
 &\quad (0 * 15) + (0 * 45) + (0,25 * 33,75) + (0,25 * 56,25) + (0,25 * 48,75) + (0,25 * 71,25)}{(0 + 0,7 + 0,3 + 0 + 0,25 + 0,25 + 0 + 0 + 0) * 2} \\
 Z_{\text{out}} &= \frac{(0 * 30) + (0 * 60) + (0 * 45) + (0 * 75) + (0 * 60)}{(0 + 0,7 + 0,3 + 0,25 + 0,25 + 0 + 0 + 0) * 2} \\
 Z_{\text{out}} &= \frac{(0) + (17,85) + (24,15) + (10,35) + (16,65) + (0) + (0) + \\
 &\quad (8,4375) + (14,0625) + (12,1875) + (17,8125) + (0) + (0) + (0) + (0)}{(1,5) * 2} \\
 Z_{\text{out}} &= \frac{121,5}{3} = 40,5
 \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan menggunakan logika fuzzy metode Tsukamoto dengan nilai *input* Salinitas 27 dan Perubahan Salinitas 0,3 mendapatkan hasil akhir untuk *output* Servo Tawar sebesar $40,5^\circ$

3.4 Perancangan Perangkat Keras

Pada sub bab ini menjelaskan tentang rangkaian sensor salinitas, dua buah motor servo dan LCD 16x2 I2C yang terhubung pada pin – pin mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai pengendali pusat.

3.4.1 Rangkaian Sensor Salinitas



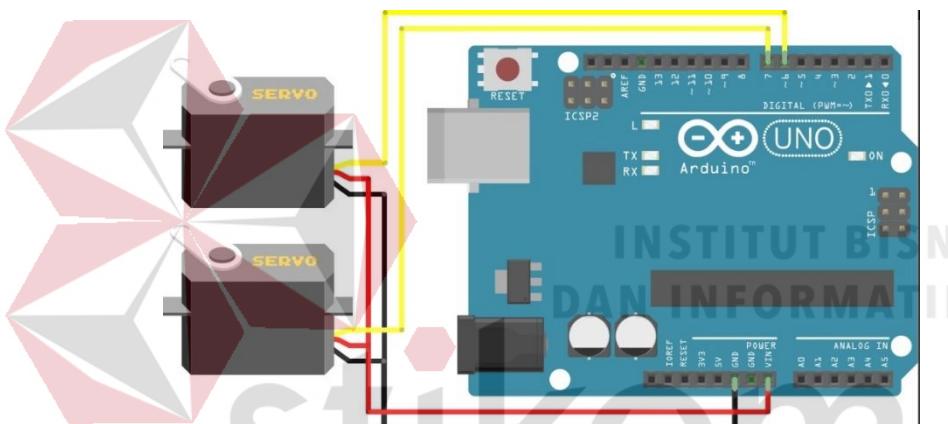
Gambar 3.10 Rangkaian Sensor Salinitas

Sensor salinitas yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah jenis sensor konduktivitas elektrik (*electrical conductivity*). Pada Gambar 3.10 rangkaian sensor salinitas ke Arduino *board*, probe sensor salinitas memiliki 2 pin probe yang terhubung ke modul sensor salinitas dan 1 pin VCC terhubug 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. Berikut alokasi pin modul dan sensor salinitas ke Arduino Uno R3 pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Alokasi Pin Modul dan Probe Sensor Salinitas

| Probe | Modul sensor salinitas | Pin Arduino |
|-----------|------------------------|---------------|
| - | GND | GND |
| - | Rx | Digital pin 3 |
| - | Tx | Digital pin 2 |
| VCC | VCC | 5V |
| Pin Probe | Pin Probe | - |
| Pin Probe | Pin Probe | - |

3.4.2 Rangkaian Motor Servo



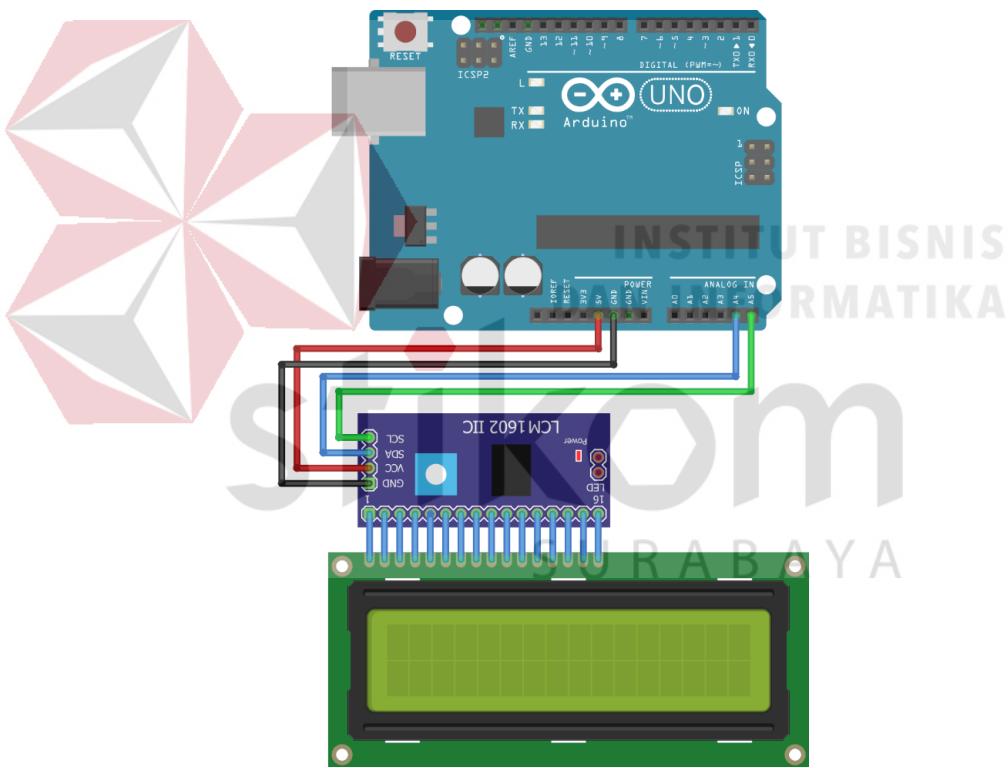
Gambar 3.11 Rangkaian Motor Servo

Pada Gambar 3.11 rangkaian aktuator menggunakan dua buah motor servo sebagai pengatur besar kecilnya katup kran untuk keluarnya air asin dan air tawar. Motor servo yang digunakan adalah tipe HS-442 dan 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. Berikut alokasi pin untuk dua buah motor servo pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Alokasi Pin Motor Servo

| | Pin Arduino Uno | |
|-----------------------|-----------------|---------------|
| Pin Motor Servo Asin | VCC | Vin |
| | GND | GND |
| | Data | Digital pin 6 |
| Pin Motor Servo Tawar | VCC | Vin |
| | GND | GND |
| | Data | Digital pin 7 |

3.4.3 Rangkaian LCD 16x2 I2C



Gambar 3.12 Rangkaian LCD I2C

Pada Gambar 3.12 rangkaian LCD menggunakan LCD 16x2 (16 kolom x 2 baris) yang menggunakan jenis komunikasi I2C. Pada LCD ini terdapat dua *output* yaitu, analog *input* pin 4 (SDA) dan analog *input* pin 5 (SCL) yang merupakan pin *output* dari jenis komunikasi I2C. Modul ini memiliki 4 pin, 2 pin untuk power dan

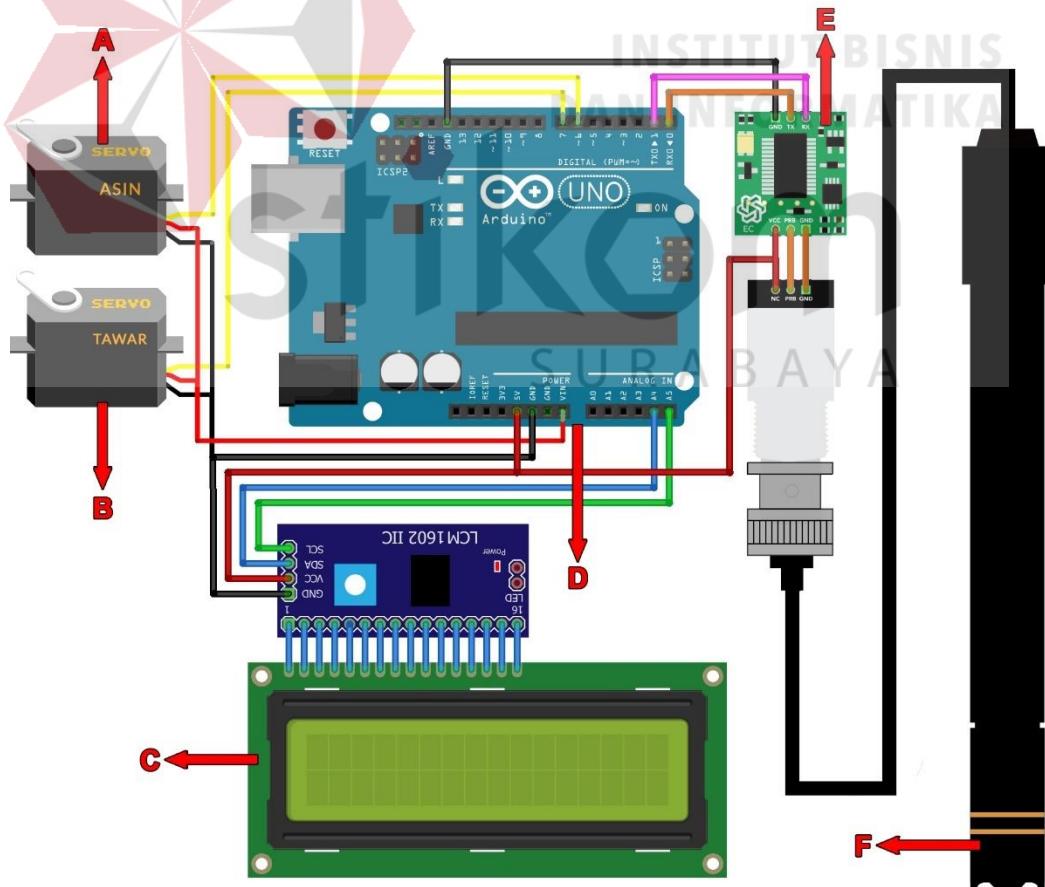
2 pin untuk komunikasi I2C. Berikut alokasi pin LCD I2C yang akan dihubungkan dengan Arduino Uno R3 pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Alokasi Pin LCD I2C

| LCD 16x2 I2C | Pin Arduino |
|--------------|-------------|
| GND | GND |
| VCC | 5V |
| SDA | A4 |
| SCL | A5 |

3.5 Perancangan Desain Elektronika

Pada tahap ini akan dijelaskan rancangan desain elektronika yang digunakan oleh sistem otomasi yang ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Perancangan Desain Rangkaian Elektronika

Keterangan desain rangkaian elektronika pada Gambar 3.13 adalah sebagai berikut:

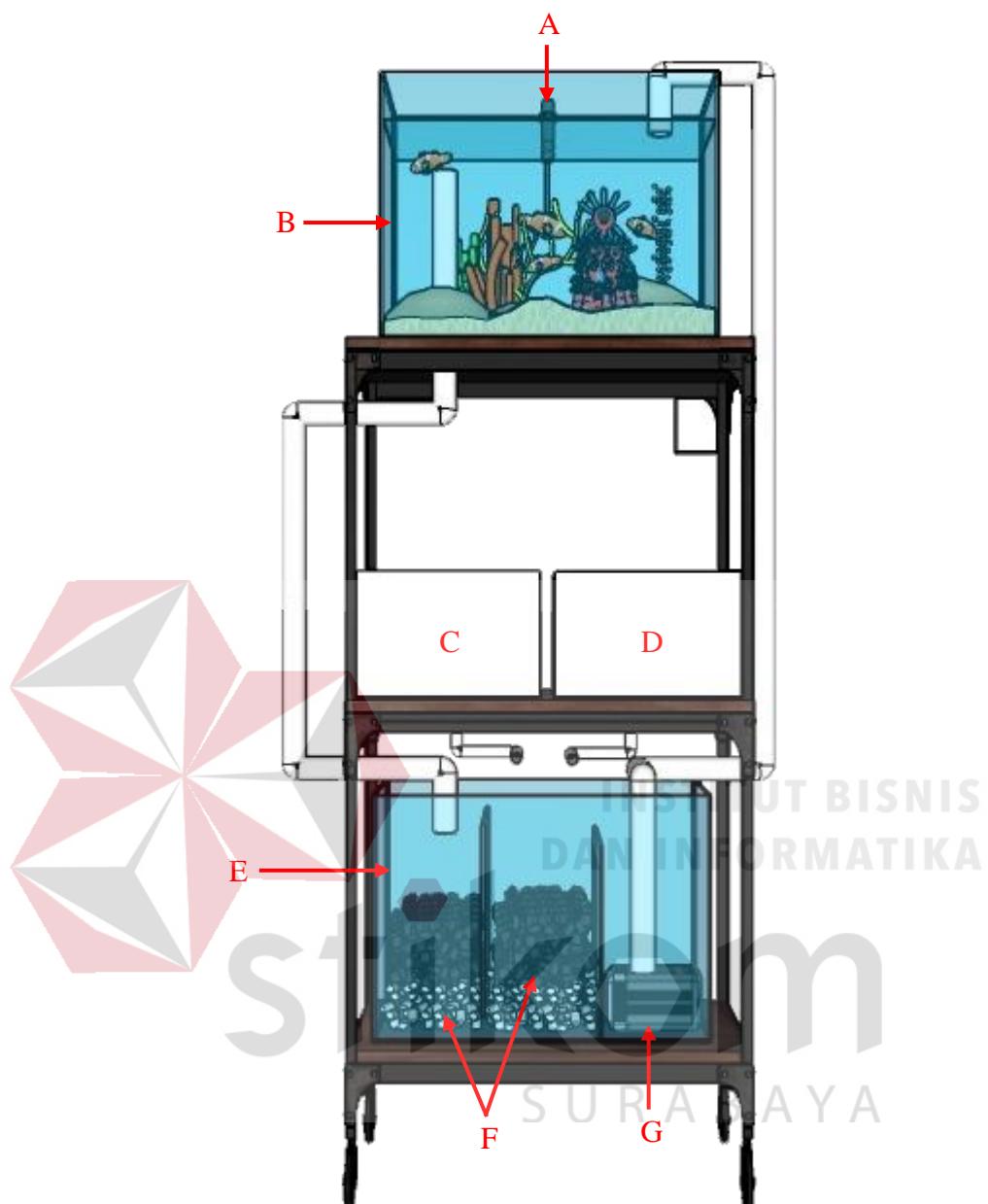
- A. Servo Asin
- B. Servo Tawar
- C. LCD 16x2
- D. Arduino Uno R3
- E. Modul Sensor Salinitas
- F. Probe Sensor Salinitas

Pada Gambar 3.13 merupakan rangkaian elektronika sistem yang akan dipasangkan pada rancang bangun kendali salinitas air pada aquarium. Sebagai pengendali pusat menggunakan Arduino Uno R3, sedangkan pada *input* terdapat modul dan probe sensor salinitas serta hasil keluaran yang memerintahkan dua buah aktuator berupa motor servo dan satu buah LCD dengan ukuran 16 x 2.

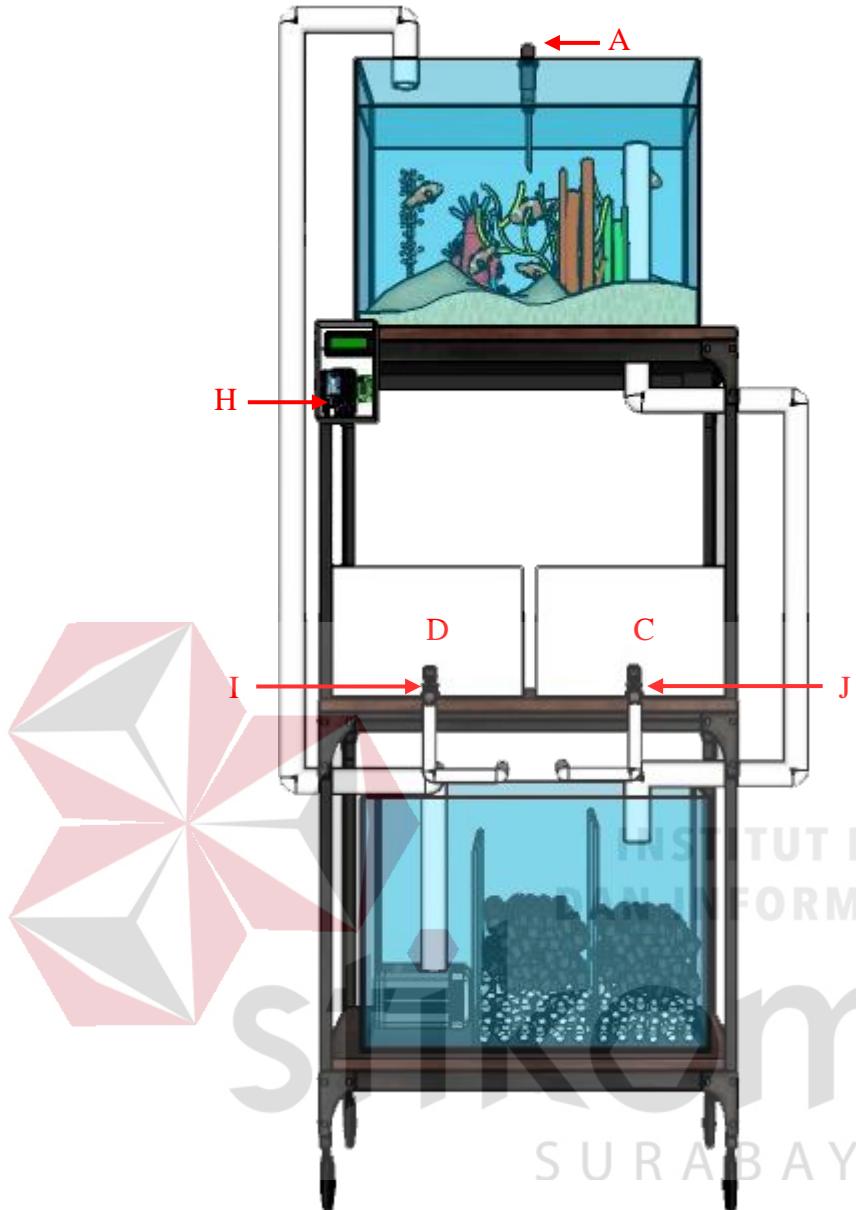
3.6 Perancangan Mekanik

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^2 . Berikut tampilan desain rancangan otomasi sistem kendali salinitas air pada aquarium pada Gambar 3.14 – 3.16.



Gambar 3.14 Desain Rancang Bangun Mekanik Tampak Depan



Gambar 3.15 Desain Rancang Bangun Mekanik Tampak Belakang

Berikut ini adalah tampilan implementasi rancang bangun sistem kendali salinitas aquarium pada aquarium ikan nemo yang digunakan untuk penelitian ini pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Rancang Bangun Sistem

Keterangan pada Gambar sampai dengan Gambar 3.14 – 3.16:

- A. Probe sensor salinitas
- B. Aquarium utama
- C. Tandon air asin

- D. Tandon air tawar
- E. Aquarium filter
- F. Media filter
- G. Pompa air
- H. Kotak rangkaian elektronika
- I. Servo untuk kran tandon air asin
- J. Servo untuk kran tandon air tawar
- K. LCD 16X2

L. Arduino Uno R3

M. Modul sensor salinitas

3.6.1 Ukuran Dimensi Rancang Bangun

Setelah pemasangan komponen telah dilakukan maka dihasilkan dimensi dari rancang bangun, berikut ukuran tersebut :

1. Panjang aquarium utama : 55 cm
2. Lebar aquarium utama : 30 cm
3. Tinggi aquairum utama : 40 cm
4. Luas aquarium utama : 1.650 cm^2
5. Volume aquarium utama : 66.000 cm^3
6. Panjang rancang bangun : 70 cm
7. Lebar rancang bangun : 50 cm
8. Tinggi rancang bangun : 150 cm
9. Luas rancang bangun : 3.500 cm^2

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan hasil serta pembahasan pada pengujian otomasi sistem kendali salinitas air pada aquarium yang telah dirancang penulis yang diwujudkan berupa perangkat keras dan perangkat lunak.

4.1 Pengujian Arduino Uno R3

1. Tujuan

Pada pengujian Arduino Uno R3 dilakukan dengan memasukkan program perintah sederhana ke dalam Arduino Uno R3 dengan menggunakan *software* Arduino IDE. Dengan awalan tanpa tambahan perangkat atau komponen lainnya terlebih dahulu.

Tujuan melakukan pengujian ini untuk mengetahui board Arduino yang digunakan tidak mengalami masalah hingga kerusakan serta kegagalan pada saat mengeksekusi program. Sehingga pada saat Arduino Uno R3 digunakan dapat berjalan dengan baik dan lancar.

2. Alat dan Prosedur

Berikut alat yang dibutuhkan dalam pengujian, antara lain :

- a. PC (*Personal Computer*) / Laptop
- b. Arduino Uno R3
- c. Kabel *connector* USB Arduino
- d. *Software* Arduino IDE

Berikut ini langkah – langkah pada prosedur pengujian Arduino Uno R3 :

- a. Mengaktifkan PC/Laptop

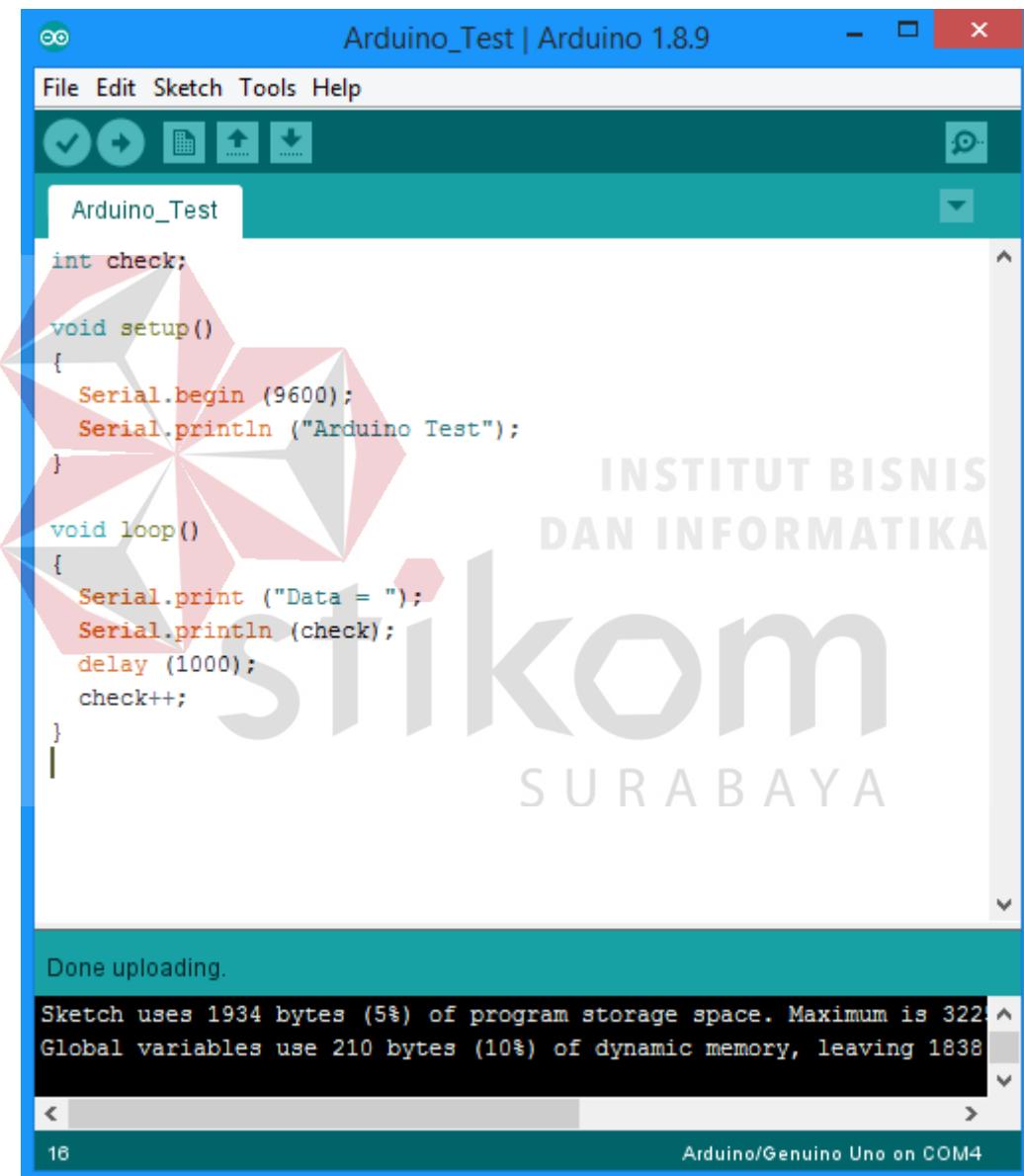
- b. Menyambungkan *board* Arduino ke PC/Laptop dengan menggunakan kabel *connector USB* Arduino
- c. Membuka *software* Arduino IDE pada PC/Laptop. Program perintah termasuk dalam bahasa C pada Arduino. Berikut contoh program pada Arduino IDE untuk pengujian :

```
int check;  
void setup()  
{  
    Serial.begin(9600);  
    Serial.println("Arduino Test");  
}  
void loop()  
{  
    Serial.print("Result = ");  
    Serial.println(check);  
    delay(1000);  
    check++;  
}
```

- d. Setelah selesai membuat program perintah, kemudian tekan pada *icon* berbentuk centang bertuliskan “*Verify*”, yang berfungsi untuk memeriksa terdapat atau tidak kesalahan pada program yang telah dibuat.
- e. Selanjutnya konfigurasi *board* dengan memilih Arduino Uno R3 pada kolom menu “*Tools*”, lalu konfigurasi *port* arduino yang telah terdeteksi oleh PC/Laptop.
- f. Tekan *icon* berbentuk arah panah ke kanan bertuliskan “*Upload*” untuk mengunggah program ke dalam Arduino Uno R3. Apabila program telah berhasil diunggah, tekan ikon “*Serial Monitor*” di sebelah kanan atas, maka akan tampil jendela yang berisikan hasil *serial* yang terbaca.

3. Hasil Uji

Pengujian program pada Arduino Uno R3 dengan *software* Arduino IDE dapat diamati pada Gambar 4.1, dengan lingkaran merah bertuliskan “*Done Uploading*” yang menandakan bahwa program instruksi yang ditulis telah benar dan berhasil diunggah pada Arduino Uno R3.



Gambar 4.1 *Upload* Berhasil Pada Arduino IDE

Program perintah yang dimasukkan pada Arduino Uno R3 merupakan program untuk mengirimkan data dengan menggunakan *port serial*. Proses

pengiriman pada Arduino Uno R3 harus terhubung dengan port USB PC, agar dapat menerima data yang dikirimkan melalui menu *Serial Monitor* pada *software Arduino IDE*. Hasil dari *Serial Monitor* dapat dilihat pada Gambar 4.2.

```
Arduino Test
Data = 0
Data = 1
Data = 2
Data = 3
Data = 4
Data = 5
Data = 6
Data = 7
Data = 8
Data = 9
Data = 10
Data = 11
Data = 12
```

Gambar 4.2 Hasil Pada *Serial Monitor*

Penjelasan pada Gambar 4.2 menunjukan bahwa data yang dikirim pada *Serial Monitor* sesuai dengan program perintah yang diunggah pada Arduino Uno R3. Dengan hasil yang telah didapatkan dari pengujian, Arduino Uno R3 dapat bekerja dengan baik serta dapat digunakan dalam pembuatan sistem.

4.2 Pengujian Sensor Salinitas

1. Tujuan

Sensor salinitas digunakan sebagai pendekripsi salinitas atau kadar garam terlarut dalam air. Pada pengujian ini menggunakan Arduino Uno R3 yang diberikan program perintah yang dapat membaca sensor salinitas agar dapat mengetahui nilai kadar garam pada air. Pengujian ini bertujuan untuk melihat

kinerja sensor salinitas agar dapat mendeteksi nilai salinitas pada air laut di aquarium.

2. Alat dan Prosedur

Berikut alat yang dibutuhkan pada pengujian, antara lain :

- a. PC (*Personal Computer*) / Laptop
- b. Arduino Uno R3
- c. Kabel *connector USB* Arduino
- d. Kabel *jumper*
- e. Sensor salinitas
- f. Air laut
- g. *Software Arduino IDE*

Berikut adalah langkah – langkah pada prosedur pengujian sensor salinitas :

- a. Menghubungkan antara probe sensor dengan sensor salinitas ke pin data *Rx*, *Tx*, VCC dan GND, sesuaikan dengan arahnya pada Arduino Uno R3 menggunakan kabel *jumper*.
- b. Menghidupkan PC/Laptop
- c. Menyambungkan PC/Laptop pada Arduino Uno R3 melalui kabel *connector USB* Arduino
- d. Membuka *software Arduino IDE* pada PC/Laptop, isikan program perintah dalam bahasa C pada Arduino IDE. Berikut program Arduino IDE :

```
#include <SoftwareSerial.h>
#define rx 2
#define tx 3
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
SoftwareSerial myserial(rx, tx);
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

String inputstring = "";
String sensorstring = "";
boolean input_string_complete = false;
boolean sensor_string_complete = false;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    myserial.begin(9600);
    inputstring.reserve(10);
    sensorstring.reserve(30);
    lcd.begin ();
}

void serialEvent()
{
    inputstring = Serial.readStringUntil(13);
    input_string_complete = true;
}

void loop()
{
    if (input_string_complete)
    {
        myserial.print(inputstring);
        myserial.print('\r');
        inputstring = "";
        input_string_complete = false;
    }

    if (myserial.available() > 0)
    {
        char inchar = (char)myserial.read();
        sensorstring += inchar;
        if (inchar == '\r')
        {
            sensor_string_complete = true;
        }
    }
}
```

```
    }

}

if (sensor_string_complete == true)
{
    if (isdigit(sensorstring[0]) == false)
    {
        Serial.println(sensorstring);
    }
    else
    {
        print_EC_data();
    }
    sensorstring = "";
    sensor_string_complete = false;
}

void print_EC_data(void)
{
    char sensorstring_array[30];
    char *EC;
    char *TDS;
    char *SAL;
    char *GRAV;
    float f_ec;

    sensorstring.toCharArray(sensorstring_array, 30);
    EC = strtok(sensorstring_array, ",");
    TDS = strtok(NULL, ",");
    SAL = strtok(NULL, ",");
    GRAV = strtok(NULL, ",");

    Serial.print("SAL:");
    Serial.println(SAL);
    Delay (60000);
    Serial.println();

    lcd.setCursor (0,0);
```

- ```

 lcd.print ("Salintas:");
 lcd.print (SAL);
}

e. Setelah selesai tekan icon “Verify” pada toolbars, jika tidak ada kesalahan pada syntax maka lakukan upload pada program yang telah dibuat. Jika telah selesai kemudian tekan icon “Serial Monitor”

f. Jendela serial monitor akan terbuka dan menampilkan hasil nilai sensor salinitas yang terbaca pada saat sensor dimasukkan ke dalam air laut.

```

### 3. Hasil Uji

Pengujian dilakukan dengan menggunakan air laut dalam aquarium. Hasil pengujian data dari sensor salinitas ditampilkan pada LCD 16x2. Satuan sensor salinitas yang digunakan adalah ppt (*part per thousand*). Pengujian sensor menggunakan Hydrometer sehingga selisih perbandingan dapat terlihat. Pengambilan data dilakukan program untuk mengetahui hasil dari sensor salinitas yang didapatkan pada Arduino Uno R3 dengan *software* Arduino IDE. Adapun hasil pengujian sensor salinitas ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan Tabel 4.1.



Gambar 4.3 Pengujian Sensor Salinitas

Tabel 4.1 Selisih Hasil Perbandingan Salinitas dan Hydrometer

| Menit       | Sensor salinitas<br>(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    |
| 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    |

Kesimpulan dari hasil uji coba sensor salinitas dan hydrometer dapat dilihat pada Tabel 4.1 diatas yaitu perbedaan pada sensor salinitas memiliki nilai yang hampir mendekati dan memiliki selisih dengan rata – rata 0,32 ppt.

### 4.3 Pengujian Aktuator Motor Servo

#### 1. Tujuan

Motor servo merupakan aktuator sebagai pengatur putaran kran untuk keluarnya air. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui motor servo dapat bekerja dengan baik dan benar sesuai kebutuhan pengguna. Putaran derajat dari servo akan ditampilkan pada LCD sehingga dapat mengetahui derajat servo berputar.

## 2. Alat dan Prosedur

Pada pengujian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 agar dapat melakukan putaran derajat sesuai dengan kebutuhan dan hasil yang didapatkan akan ditampilkan melalui LCD 16x2. Berikut alat yang dibutuhkan dalam pengujian, antara lain :

- a. PC (Personal Computer) / Laptop
- b. Arduino Uno R3
- c. LCD 16x2
- d. 2 buah Motor Servo
- e. Kabel connector USB
- f. Software Arduino IDE

Berikut adalah langkah – langkah pada prosedur pengujian motor servo :

- a. Menghubungkan kabel yang terdapat pada servo asin pin data ke digital pin 6, servo tawar pin data ke digital pin 7, VCC dan GND, sesuaikan dengan arahnya pada Arduino Uno R3.
- b. Mengaktifkan PC/Laptop
- c. Menyambungkan PC/Laptop pada Arduino Uno R3 melalui kabel *connector USB*
- d. Membuka *software* Arduino IDE pada PC/Laptop, isikan program perintah dalam bahasa C pada Arduino IDE. Berikut program Arduino IDE :

```
#include <Servo.h>
Servo myservo;
void setup() {
 myservo.attach(6);
 myservo.attach(7);
 Serial.begin(9600);
}
```

```

void loop()
{
 for(int a = 0 ; a <90 ;a++)
 {
 myservo.write(a);
 Serial.println(a);
 delay(1000);
 }
}

```

- e. Setelah selesai tekan icon “*Verify*” pada toolbars, jika tidak ada kesalahan pada syntax maka lakukan upload pada program yang telah dibuat. Jika telah selesai maka tekan icon “*Serial Monitor*”

- f. Jendela *serial monitor* akan terbuka dan menampilkan hasil nilai derajat servo yang terbaca pada saat servo melakukan pengujian.

### 3. Hasil Uji

Pada hasil pengujian, motor servo telah bekerja dengan baik sesuai dengan program perintah yang diunggah pada Arduino Uno R3 dan dapat ditampilkan pada LCD. Berikut hasil pengujian motor servo pada Gambar 4.4 menunjukkan servo tawar berputar ke arah 0 derajat dan pada Gambar 4.5 menunjukkan servo asin berputar ke arah 90 derajat.



Gambar 4.4 Pengujian Servo Tawar menunjukkan 0 derajat



Gambar 4.5 Pengujian Servo Asin menunjukkan 90 derajat

Tabel 4.2 Selisih 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 4.3 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°   |

Kesimpulan dari hasil uji coba motor servo dan busur derajat dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan 4.3 diatas yaitu perbedaan pada servo memiliki nilai yang hampir mendekati dan memiliki selisih dengan rata – rata 0,25 derajat untuk Servo Asin dan 0,26 untuk Servo Tawar.

#### 4.4 Pengujian LCD 16x2

##### 1. Tujuan

Pengujian pada LCD 16x2 bertujuan untuk mengetahui LCD dapat berfungsi dengan baik tanpa ada gangguan serta sesuai dengan program yang telah diinstruksikan. Bekerja pada Arduino Uno R3 untuk menampilkan semua nilai dan informasi yang telah terbaca oleh sensor.

## 2. Alat dan Prosedur

Berikut alat yang dibutuhkan dalam pengujian, antara lain :

- a. PC (*Personal Computer*) / Laptop
- b. Arduino Uno R3
- c. Kabel *connector* USB
- d. Kabel *jumper*
- e. LCD 16x2 *include* I2C
- f. *Software* Arduino IDE

Berikut ini adalah langkah – langkah pada prosedur pengujian LCD 16x2 :

- a. Menghubungkan antara pin LCD dengan Arduino R3 menggunakan kabel *jumper*. Menyesuaikan dengan *direction* pin masing – masing.
- b. Mengaktifkan PC/ Laptop
- c. Menyambungkan PC pada Arduino IDE pada PC/Laptop. Program perintah termasuk dalam bahasa C pada Arduino IDE pada Laptop.

Berikut contoh program pada Arduino IDE:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16, 2);

void setup()
{
 Serial.begin (9600);
 lcd.begin();
}

void loop()
{
 lcd.setCursor(4,0);
 lcd.print("Salinity");
}
```

```

lcd.setCursor(2,1);
lcd.print("Fuzzy Logic");
delay(3000);
}

```

- d. Setelah selesai membuat program perintah, tekan icon berbentuk centang dengan tulisan “*Verify*” untuk memeriksa terdapat kesalahan pada program yang telah dibuat. Selanjutnya mengkonfigurasi board dengan memilih Arduino Uno R3 pada kolom menu “*Tools*”, lalu konfigurasi *port* Arduino yang telah terdeteksi oleh komputer. Tekan *icon* berbentuk arah kanan dengan tulisan “*Upload*” untuk mengunggah program kedalam Arduino Uno R3.

- e. Apabila program telah berhasil diunggah, maka akan terlihat keterangan “*Done uploading*” pada baris akhir di *Software Arduino IDE*. Amati hasil data yang tampil pada hardware LCD 16x2, sesuaikan dengan masukkan data yang telah dimasukkan pada program sebelumnya.

### 3. Hasil Uji

Hasil pengujian LCD 16x2 ditunjukkan pada Gambar 4. Sesuai dengan program perintah yang telah diunggah pada Arduino Uno R3. Serta dilakukan beberapa kali pengujian, untuk memastikan LCD 16x2 dapat bekerja dengan baik tanpa ada kerusakan. Pengujian selanjutnya akan ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Hasil Pengujian LCD 16x2 dengan huruf



Gambar 4.7 Hasil Pengujian LCD 16x2 dengan campuran karakter

Pengujian dilakukan beberapa kali menggunakan karakter berbeda yang diinstruksikan pada Arduino Uno R3. Dengan percobaan pengujian ini, dipastikan LCD berfungsi dengan baik tanpa ada kerusakan. Sehingga mampu bekerja pada sistem yang telah dirancang dan digunakan secara terus – menerus, dengan harapan dapat menampilkan semua informasi yang dibutuhkan pengguna untuk mengetahui semua kondisi air laut pada aquarium. Hasil perbandingan uji coba LCD dengan karakter pada program yang dilakukan dengan beberapa kali masukkan karakter yang berbeda – beda dapat ditampilkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Pengujian LCD 16x2

| Pengujian | Karakter pada Program     | Hasil pada LCD            | Keterangan |
|-----------|---------------------------|---------------------------|------------|
| 1         | 1234567890                | 1234567890                | Sesuai     |
| 2         | AbCdEfGhIjK               | AbCdEfGhIjK               | Sesuai     |
| 3         | XYZ                       | XYZ                       | Sesuai     |
| 4         | mno                       | mno                       | Sesuai     |
| 5         | Salinity<br>Fuzzy – Logic | Salinity<br>Fuzzy – Logic | Sesuai     |
| 6         | Teknik Komputer           | Teknik Komputer           | Sesuai     |
| 7         | Andhika Ricky S.          | Andhika Ricky S.          | Sesuai     |
| 8         | SAL : 27                  | SAL : 27                  | Sesuai     |
| 9         | s!M 30L                   | S!M 30L                   | Sesuai     |
| 10        | `!@#\$%^&*()_+            | `!@#\$%^&*()_+            | Sesuai     |

## 4.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

### 1. Tujuan

Pada tahap akhir adalah tahap pengujian pada keseluruhan otomasi sistem.

Dengan keseluruhan program yang diunggah pada Arduino Uno R3 sebagai pusat kendali, untuk mengatur kinerja sensor serta aktuator yang telah diintegrasikan. Tujuan dari pengujian akhir pada keseluruhan sistem ini adalah untuk mengetahui seluruh komponen bisa bekerja dengan baik dibawah sistem yang telah dirancang serta dapat mengatur kadar garam pada air didalam aquarium berdasarkan logika fuzzy metode Tsukamoto yang telah ditentukan.

### 2. Alat dan Prosedur

Berikut alat yang digunakan pada pengujian, antara lain :

- a. PC (*Personal Computer*) / Laptop
- b. Arduino Uno R3
- c. Sensor salinitas
- d. Motor servo
- e. LCD 16x2
- f. Kabel *connector USB*
- g. Kabel *jumper*
- h. PCB lubang
- i. Baut dan Mur
- j. Power Supply 12V
- k. *Software Arduino IDE*

Berikut ini langkah – langkah pada prosedur pengujian otomasi sistem :

- a. Merangkai seluruh komponen pada tempat yang sudah disediakan.
- b. Mengaktifkan PC/Laptop
- c. Sambungkan Arduino Uno R3 ke PC/laptop menggunakan kabel *connector USB* Arduino.
- d. Pada PC/Laptop buka *software* Arduino IDE. Isikan program perintah dalam bahasa C dan *upload* program. Program terdapat pada LAMPIRAN.
- e. Setelah selesai membuat perintah program, tekan icon berbentuk centang dengan tulisan “*Verify*” untuk memeriksa terdapat kesalahan pada program yang telah dibuat. Selanjutnya mengkonfigurasi *board* dengan memilih Arduino Uno R3 pada kolom menu “*Tools*” beserta port Arduino yang terdeteksi oleh PC/laptop.
- f. Menekan icon berbentuk arah kanan dengan tulisan “*Upload*” untuk mengunggah program ke dalam board Arduino Uno R3. Jika sudah selesai dan berhasil, lepaskan kabel *connector USB* Arduino kemudian ganti dengan kabel yang berasal dari sumber *power supply* 12V untuk dihubungkan ke Arduino dengan *jack DC*.
- g. Sambungkan kabel *power* pada sumber daya listrik 220V.
- h. Amati nilai yang terbaca pada LCD. Semua informasi tentang keadaan kendali salinitas air pada aquarium ikan nemo ditampilkan pada LCD.

### 3. Hasil Uji

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.

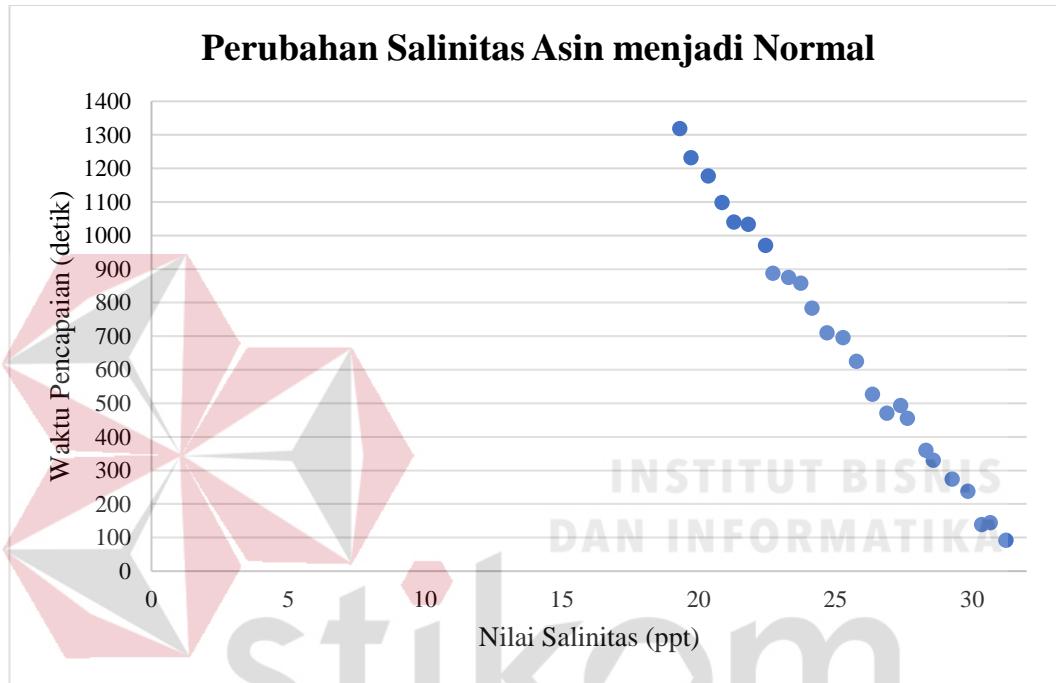
Pengujian pertama dilakukan dari kondisi air salinitas tawar menjadi salinitas normal. Kondisi awal air untuk kategori salinitas tawar dimulai dengan salinitas yang bernilai 19,32 ppt. Kondisi tersebut terjadi karena air pada aquarium diberikan tambahan air dengan nilai salinitas yang rendah, sehingga 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 akan bekerja sesuai dengan *fuzzy rules*. Hasil pengujian pertama untuk perubahan kondisi air salinitas tawar menjadi salinitas normal dapat ditampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 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                                                      |
| 25          | 31,24                | 32,88                  | 92                   | 0,01783                                                      |
| Rata – rata |                      |                        |                      | 0,01132                                                      |

Dari Tabel 4.5 diperoleh hasil rata – rata perubahan Salinitas Tawar menjadi Salinitas Normal sebesar 0,01132 ppt/detik.

Pada Gambar 4.8 ditampilkan data berupa grafik perubahan salinitas ketika sistem berjalan untuk menstabilkan salinitas air dalam aquarium dengan kondisi normal agar sesuai dengan kebutuhan ikan nemo.



Gambar 4.8 Perubahan Kondisi Salinitas Tawar menjadi Normal

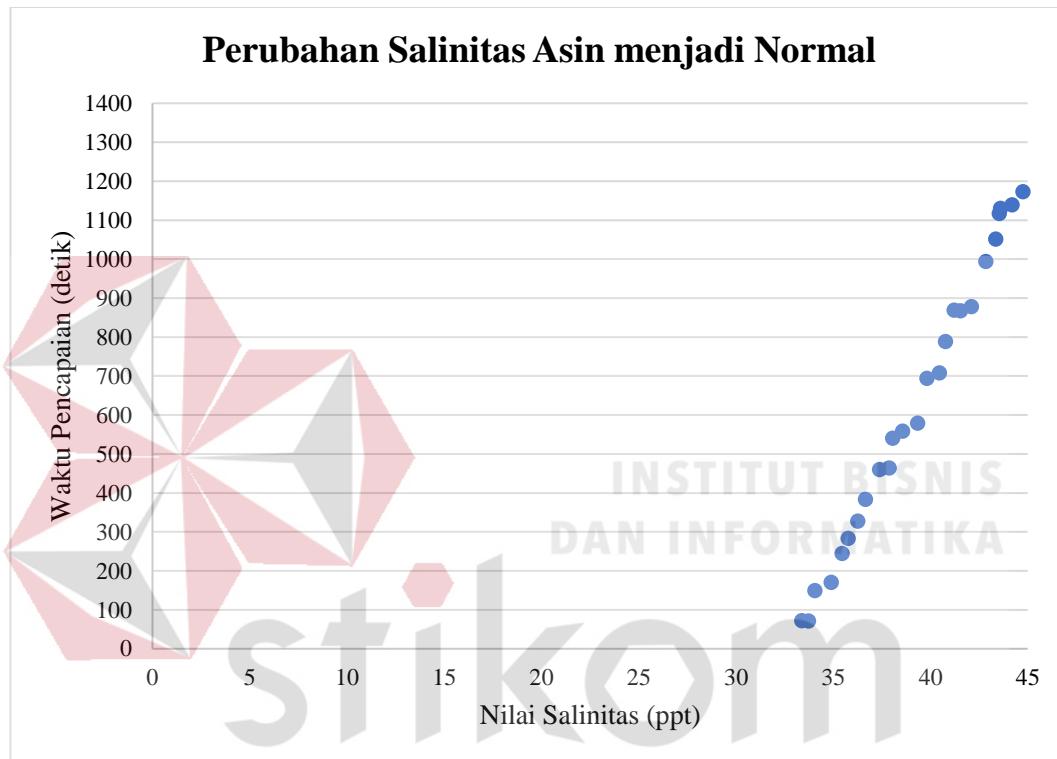
Pengujian kedua dilakukan dari kondisi air salinitas asin menjadi salinitas normal. Kondisi awal air untuk kategori salinitas asin dimulai dengan salinitas yang bernilai 44,75 ppt. Kondisi tersebut terjadi karena air pada aquarium diberikan tambahan air dengan nilai salinitas yang tinggi, sehingga mencapai 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 akan bekerja sesuai dengan *fuzzy rules*. Hasil pengujian pertama untuk perubahan kondisi air salinitas asin menjadi salinitas normal dapat ditampilkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 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                                                      |
| 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                                                      |

Dari Tabel 4.6 diperoleh hasil rata – rata Perubahan Salinitas Asin menjadi Salinitas Normal sebesar 0,01138 ppt/detik.

Pada Gambar 4.9 ditampilkan data berupa grafik perubahan salinitas ketika sistem berjalan untuk menstabilkan salinitas air dalam aquarium dengan kondisi normal agar sesuai dengan kebutuhan ikan nemo.



Gambar 4.9 Perubahan Kondisi Salinitas Asin menjadi Normal

## BAB V

### PENUTUP

Berdasarkan seluruh pengujian pada sistem otomasi yang telah dirancang dan diimplementasikan dalam Tugas Akhir, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran dari hasil yang diperoleh diantaranya:

#### 5.1 Kesimpulan

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  $3500 \text{ cm}^2$ . 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 Tawar dan 0,26 untuk Servo Asin.
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.

## 5.2 Saran

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

- Artanto, D., 2012. *Interaksi Arduino dan LabView*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- BPBL, 2014. *Budidaya Ikan Hias Clown*. Ambon: Balai Perikanan Budidaya Laut Ambon.
- Budiharto, W., 2014. *Artificial Intelligence*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Geotimes, 2017. *Refleksi Indonesia Sebagai Negara Maritim*. [Online] Available at: <https://geotimes.co.id/opini/refleksi-indonesia-sebagai-negara-maritim/>
- Handoko, A. P. T., 2017. *Pengering Pakaian Otomatis Berbasis Arduino Uno*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- KKPRI, 2017. *KKP Dorong Indonesia Rajai Pasar Ikan Hias Dunia*. [Online] Available at: <http://kkp.go.id/artikel/1100-kkp-dorong-indonesia-rajai-pasar-ikan-hias-dunia>
- KKPRI, 2017. *Maritim Indonesia, Kemewahan Yang Luar Biasa*. [Online] Available at: <http://kkp.go.id/artikel/2233-maritim-indonesia-kemewahan-yang-luar-biasa>
- Kusumadewi, S., 2002. *Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S. & Purnomo, H., 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lieske, E. & Myers, R., 2001. *Reef Fishes of the World*. Singapore: Periplus Editions.

- 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.
- Suharti, S. R., 1990. Mengenal Kehidupan Kelompok Ikan Anemon (Pomacentridae). *Puslitbang-LIPI*, pp. 135-145.
- Wulandari, F., 2005. Pembuatan Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Teori Fuzzy. *Jurnal Sain, Teknologi & Industri*, pp. 62-66.

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

