

## PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI KONTROL POSISI ROBOT BAWAH AIR MENGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC CONTROL

### DESIGN AND IMPLEMENTATION OF POSITION CONTROL UNDERWATER ROBOT USING FUZZY LOGIC CONTROL METHOD

Fareza Rizky Ramadhan<sup>1</sup>, Ramdhan Nugraha,S.Pd.,M.T.<sup>2</sup>, Estananto,M.Sc.<sup>3</sup>

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>fareza.r.ramadhan@gmail.com, <sup>2</sup>ramdhan@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>estananto@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Robot merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk membantu manusia dalam melaksanakan tugas-tugasnya. Banyak model robot yang dikembangkan oleh para peneliti, *mobile* robot salah satunya. *Mobile* robot adalah konstruksi robot yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator sehingga bisa melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik lainnya, baik menggunakan lintasan tertentu ataupun yang dapat bergerak secara otomatis dengan *artificial intelligence* dan metode kontrol yang dimilikinya. Dengan adanya *mobile robot* yang tertanam metode kontrol didalamnya dan bisa melakukan eksplorasi dapat menjadi sarana untuk melakukan penelitian dalam eksplorasi, melakukan survei keadaan dan situasi sekitar baik itu untuk industri atau pasca bencana sehingga mengurangi tingkat terkena dampak secara langsung akibat bencana ketika melakukan survei.

Salah satu metode kontrol yang dapat digunakan dalam pembuatan robot otomatis adalah metode *Fuzzy Logic*. *Fuzzy Logic* umumnya diterapkan pada masalah-masalah yang mengandung unsur ketidakpastian, ketidaktepatan, dan gangguan. *Fuzzy Logic* dikembangkan berdasarkan cara berpikir manusia yang memiliki banyak kemungkinan. Ada tiga proses utama dalam implementasi *Fuzzy Logic* yaitu *fuzzification*, *inference system*, dan *defuzzification*.

Pada tugas akhir ini, Sistem kendali *Fuzzy Logic* diimplementasikan pada sistem kontrol posisi robot bawah air. Keluaran yang dituju adalah robot dapat melakukan perpindahan posisi dengan stabil dari lokasi awal robot ke lokasi tujuan meskipun ada arus air yang dapat merubah arah pergerakannya. Pada saat melakukan pengujian keakuratan modul GPS adalah 3.52 meter untuk nilai maksimum. Dan kepresisian data sensor CMPS memiliki tingkat *error* pembacaan adalah 3.451.

**Kata Kunci :** *Underwater*, Sistem kendali, *fuzzy logic*, kontrol posisi.

#### Abstract

Robot is a tool that serves human in carrying out their duties. Many robot models were developed by researchers, *mobile robot* is one of them. *Mobile robot* is a robot construction that has a characteristic of having actuators that can move the position of the robot from one point to another, either using a particular path or that can move automatically with artificial intelligence and control method it has. With control methods embedded in *mobile robot* and is able to explore that it can be a means of conducting research in exploration, conducting surveys of conditions and situations around whether it is for industry or post-disaster, thereby reducing the change of being effected directly by disasters when conducting surveys.

One of the control methods that can be used in making automatic robots is the *Fuzzy Logic* method. *Fuzzy Logic* is generally applied to problems that contain elements of uncertainty, inaccuracy, and disruption. *Fuzzy Logic* is developed based on human thinking that has many possibilities. There are three main processes in the implementation of *Fuzzy Logic* which are *fuzzification*, *inference system*, and *defuzzification*.

In this final project, *Fuzzy Logic* control system is implemented in underwater robot position control system. The intended output is that the robot can move its position steadily from the initial location of the robot to the destination location even though there is a water current that can change the direction of its movement. When testing the accuracy of the GPS module is 3.52 meters for its maximum value. And the precision of the CMPS sensor data has a error rate readings of 3.451.

**Keywords:** *Underwater*, control system, *fuzzy logic*, position control.

## 1. Pendahuluan

Berdasarkan data “Prosiding Konferensi Kebudayaan Maluku I tahun 2014”. Wilayah Kepulauan Maluku didominasi oleh lautan yang luas dan dalam. Kepulauan ini memiliki area total seluas 850.000 km<sup>2</sup>, di mana 90 persen terdiri dari lautan. Kedalaman rata-rata perairannya melampaui 200 m, dengan titik terdalam berada pada perairan Laut Banda (7.300 m). Salah satu keunikan laut dalam tropis di perairan ini adalah banyaknya pulau-pulau kecil yang berada di permukaannya. Kondisi geografis yang demikian membuat eksplorasi laut dalam menjadi penting untuk dilakukan di Provinsi Maluku. Sayangnya, belum banyak kajian yang sudah dilakukan mengenai kekayaan sumber daya laut dalamnya, baik hayati maupun non-hayati. Padahal kesemuanya pastilah berpotensi untuk digunakan demi peningkatan kesejahteraan penduduk pesisir pulau-pulau kecil di Maluku. Di samping itu, informasi yang diperoleh dari eksplorasi tersebut akan sangat berguna untuk membuat prediksi mengenai bencana alam yang terkait dengan kelautan dan perubahan-perubahan yang terjadi pada iklim bumi dan atmosfer. Pusat Penelitian Laut Dalam (PPLD) LIPI yang baru diresmikan pada tanggal 13 Mei 2014 yang lalu memiliki tugas pokok dan fungsi untuk melakukan kajian mengenai laut dalam yang ada di Kawasan Timur Indonesia (KTI). Sebagai ujung tombak di bidang kelautan di kawasan tersebut, PPLD sendiri telah melakukan kajian awal yang menunjukkan tingginya potensi sumber daya hayati laut di perairan Laut Banda<sup>[5]</sup>.

Dengan landasan tersebut penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Perancangan dan Implementasi Kontrol Posisi Robot Bawah Air Menggunakan Metode Fuzzy Logic Control”.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Robot Bawah Air

Underwater robot adalah sebuah robot yang bisa bekerja di dalam air. Underwater robot ini bisa dibagi menjadi dua bagian, yang pertama biasa disebut ROV (Remotely Operated Vehicle) dan yang kedua adalah AUV (Autonomous Underwater Vehicle)<sup>[4]</sup>. AUV adalah jenis robot bawah air yang bersifat *autonomous* (otonom), robot dapat bergerak dan melakukan kegiatan sendiri, berdasarkan program yang telah ditanamkan di dalam chip-nya. Hal ini ditunjang dengan dukungan dari sensor-sensor yang disertakan pada robot tersebut. Sedangkan ROV adalah robot bawah air yang dikendalikan oleh operator dalam pengoperasiannya, dan didukung oleh perangkat kendali (*remote kontrol*) dalam pengoperasiannya<sup>[2]</sup>.

### 2.2. AVR Atmega328

AVR adalah sebuah mikrokontroler yang dibuat dengan menggunakan arsitektur Harvard dimana data dan program disimpan secara terpisah sehingga sangat baik untuk sebuah sistem terbenam di lapangan karena terlindungi dari interferensi yang dapat merusak isi program<sup>[1]</sup>. Salah satu mikrokontroler keluarga AVR yang dipergunakan pada penelitian ini yaitu ATmega328 dengan spesifikasi clock maksimum 20MHz, 32KB *flash memory* 2KB SRAM, 26 pin I/O, serial USART, SPI, I2C, *timer/conter*, dan beberapa fitur lainnya.

### 2.2. Modul GPS NEO-6

GPS adalah sistem navigasi yang menggunakan satelit yang didesain agar dapat menyediakan letak posisi secara instan, kecepatan dan informasi waktu di hampir semua tempat di muka bumi, setiap saat dan dalam kondisi cuaca apapun. Sedangkan alat untuk menerima sinyal satelit yang dapat digunakan oleh pengguna secara umum dinamakan GPS *Tracker* atau GPS *Tracking*, dengan menggunakan alat ini maka dimungkinkan *user* dapat melacak posisi kendaraan, armada ataupun mobil dalam keadaan *Real-Time*<sup>[3]</sup>.

### 2.3. Sensor CMPS

Sensor CMPS LSM303 adalah salah satu jenis sensor kompas. Kompas itu sendiri adalah alat navigasi untuk menentukan arah. Kompas memberikan rujukan arah tertentu, sehingga sangat membantu dalam bidang navigasi. Kompas selalu menunjukkan arah utara-selatan magnetik bumi. Alat ini membantu perkembangan perdagangan maritim dengan membuat perjalanan jauh lebih aman dan efisien dibandingkan saat manusia masih berpedoman pada kedudukan bintang untuk menentukan arah<sup>[8]</sup>.

### 2.3 Fuzzy Logic Control

Logika samar (*Fuzzy Logic*) yang pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh, memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 (nol) hingga 1 (satu), berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai yaitu 1 (satu) dan 0 (nol)<sup>[6]</sup>. *Fuzzy logic control* adalah suatu cabang ilmu *Artificial Intelligence*, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menangani masalah ketidak pastian yang dalam hal ini bisa berarti keraguan, ketidaktepatan, dan kebenaran yang bersifat sebagian.

Ada tiga proses utama dalam implementasi *Fuzzy Logic* yaitu *fuzzification*, *inference system*, dan *defuzzification*.

1. *Fuzzification*, adalah sebuah proses yang bertujuan mengubah inputan analog menjadi set variabel *fuzzy*. Semakin banyak variabel *fuzzy* semakin tinggi akurasi, namun memerlukan proses yang lebih lama dari

bentuk tegas (*crisp*) menjadi *fuzzy* (variabel linguistik) yang biasanya disajikan dalam bentuk tegas dengan suatu fungsi keanggotaan masing – masing. Fungsi keanggotaannya adalah fungsi linear, kurva segitiga, kurva trapesium.

2. *Inference System*, merupakan sebagai acuan untuk menjelaskan hubungan antara variabel-variabel masukan dan keluaran yang mana variabel yang diproses dan yang dihasilkan berbentuk *fuzzy*. Untuk menjelaskan hubungan antara masukan dan keluaran biasanya menggunakan “IF-THEN”.
3. *Defuzzification*, merupakan proses perubahan variabel berbentuk *fuzzy* tersebut menjadi data-data pasti (*crisp*) yang dapat dikirimkan ke peralatan pengendalian. Penalaran dengan metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. *Singleton* adalah sebuah himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang pada titik tertentu mempunyai sebuah nilai dan 0 di luar titik tersebut.

## 2.4 Sistem Navigasi GPS

Sistem navigasi GPS berbasis satelit yang saling berhubungan yang berada di orbitnya. Dimana satelit GPS mengelilingi bumi dua kali sehari dalam orbit yang amat presisi sambil memancarkan sinyal ke bumi. GPS receiver menerima informasi ini menggunakan metode Triangulasi untuk menghitung secara pasti dimana lokasi receiver. Receiver harus mengunci paling tidak 3 satelit untuk menghitung posisi 2 dimensi (garis lintang dan garis bujur) dan lintasan pergerakan. Dengan 4 atau lebih satelit yang dapat diakses, receiver dapat menentukan posisi 3 dimensi (garis lintang, garis bujur, dan ketinggian)<sup>[8]</sup>.

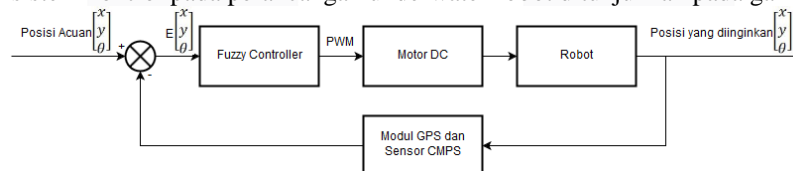
## 3. Perancangan Sistem

Pada “Perancangan dan Implementasi Kontrol Posisi Robot Bawah Air Menggunakan Metode Fuzzy Logic” ini meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Sistem menggunakan modul GPS, sensor CMPS, dan modul *bluetooth* yang berfungsi sebagai piranti masukan (*input*) sistem. Sedangkan pada bagian pemrosesan masukan data digunakan sebuah mikrokontroler Arduino Nano berbasis atmega328.

Pada sisi keluaran (*output*) sistem, terdiri dari 3 buah *driver* motor dan sebuah modul SD *card*. Pada perancangan sistem keluaran ini masing-masing *driver* motor terhubung dengan satu buah motor DC. Dua buah *driver* motor difungsikan untuk mengatur kecepatan putaran motor DC yang berada pada bagian belakang robot, dan satu buah *driver* motor lainnya difungsikan untuk mengatur aktif atau tidaknya motor DC yang berada pada bagian tengah robot. Sedangkan modul SD *card* difungsikan sebagai perangkat yang terhubung ke SD *card* sebagai penyimpanan data-data hasil pengujian alat.

### 3.1 Blok Diagram Sistem Kontrol

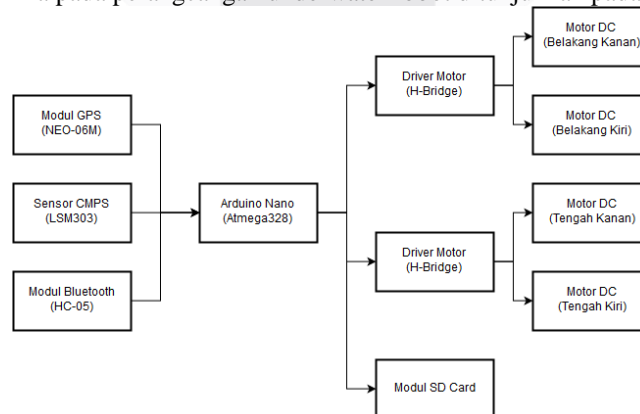
Blok diagram sistem kontrol pada perancangan underwater robot ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem kontrol

### 3.2 Blok Diagram Elektronika

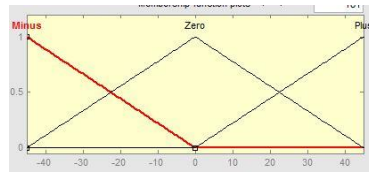
Blok diagram elektronika pada perancangan underwater robot ditunjukkan pada gambar 2.



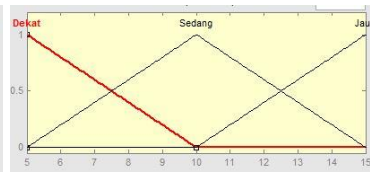
Gambar 2. Blok diagram elektronika

### 3.3 Perancangan Sistem Fuzzy Logic Control

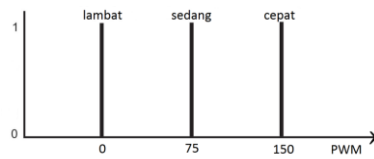
Fungsi keanggotaan sistem dapat dilihat pada gambar 3, gambar 4, dan gambar 5. Sedangkan fuzzy rule ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 3. Fungsi keanggotaan error sudut



Gambar 4. Fungsi keanggotaan jarak



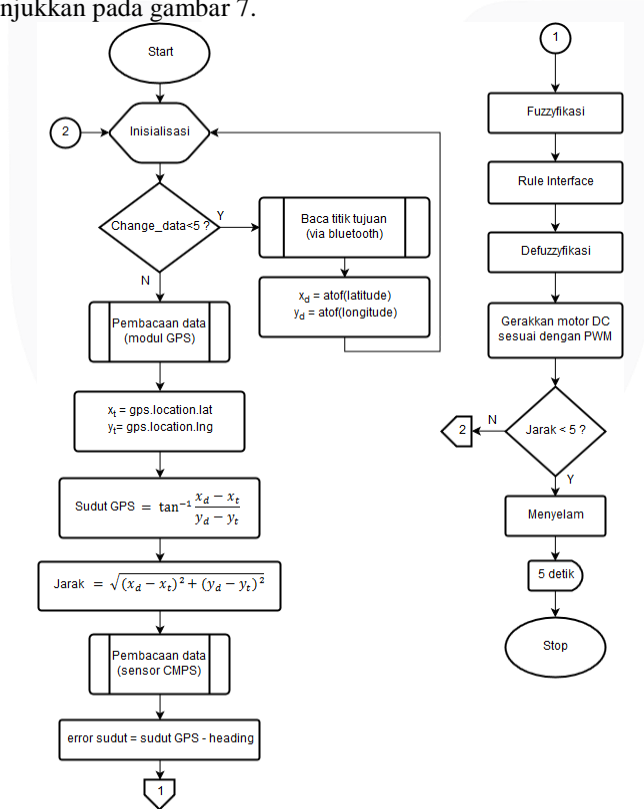
Gambar 5. Fungsi keanggotaan keluaran

|             |       |       |        |      |
|-------------|-------|-------|--------|------|
|             | Jarak | Dekat | Sedang | Jauh |
| error sudut |       |       |        |      |
| Negative    |       | L     | L      | L    |
| Zero        |       | L     | C      | C    |
| Positive    |       | S     | S      | S    |

Gambar 6. Komposisi aturan fuzzy

### 3.2. Perancangan Konsep Kerja Sistem

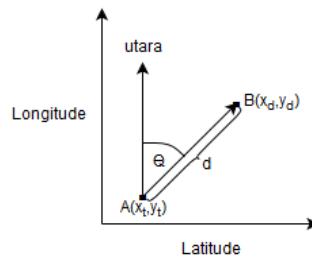
Pada awal pengujian terlebih dahulu dimasukan titik tujuan (latitude, longitude) yang akan dituju oleh robot menggunakan *smartphone* dengan komunikasi *bluetooth*. Kemudian robot akan bergerak menuju titik lokasi tujuan dengan parameter kontrol *fuzzy logic* adalah *error* sudut dan jarak. Dimana *error* sudut = sudut\_GPS – sudut CMPS. *Flowchart* kerja sistem ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. flowchart kerja sistem

Pada perancangan yang dibuat, ditentukan untuk radius pada area lingkaran adalah 5 meter. Hal ini didasarkan pada kemampuan GPS yang digunakan memiliki akurasi kurang lebih 5 meter. Sehingga robot dinyatakan sampai

pada lokasi tujuan setelah berada dalam radius 5 meter dari koordinat tujuan yang telah ditentukan sebelumnya. Selama proses, robot akan mendeteksi posisi menggunakan GPS dan akan membaca nilai sudut menggunakan sensor CMPS. Dengan mengkombinasikan nilai koordinat yang terbaca oleh GPS dengan koordinat tujuan yang telah ditentukan, maka akan didapatkan sudut yang diharapkan. Dimana, sudut ini selalu dihitung terhadap arah utara ( $0^0$ )<sup>[7]</sup>.



Gambar 8. Ilustrasi titik awal dan titik tujuan<sup>[8]</sup>

Pada gambar 8 variabel  $\theta$  mewakili variabel sudut GPS, dan diasumsikan bahwa robot bergerak dari koordinat A menuju koordinat B. Dari gambar tersebut dapat dihitung nilai sudut GPS ( $\theta$ ),

$$\theta = \tan^{-1} \frac{x_d - x_t}{y_d - y_t}$$

Untuk mendapatkan nilai sudut GPS ( $\theta$ ) ini harus diperhatikan untuk menentukan kuadran yang tepat untuk sudut GPS. Sedangkan untuk menghitung jarak ( $d$ ) antara posisi robot saat ini dengan koordinat yang akan dituju dapat ditentukan dengan persamaan berikut,

$$d = \sqrt{(x_d - x_t)^2 + (y_d - y_t)^2}$$

Robot dinyatakan sampai pada tujuan jika jarak ( $d$ ) bernilai kurang dari 5 meter dari titik tujuan. Pada saat robot sudah berada pada area kurang dari 5 meter dari titik tujuan, maka robot akan melakukan penyelaman selama kurang lebih 5 detik sebagai indikator bahwa robot telah berhasil mencapai titik tujuan.

### 3.3 Desain Mekanik

Bentuk desain perancangan robot bawah air mempunyai panjang 24cm, lebar 24cm, tinggi 27.5cm, berbahan dasar plastik, dan menggunakan 4 buah motor DC yang sudah terintegrasi dengan *propeller* pada masing-masing motor DC, dengan diameter *propeller* 6cm. Dimana 2 motor DC digunakan untuk maneuver berbelok atau maju, sedangkan 2 motor DC lainnya difungsikan untuk melakukan penyelaman. Gambar 9 menunjukkan desain mekanik robot.



Gambar 9. Tampak depan robot



Gambar 10. Tampak samping robot



Gambar 11. Tampak belakang robot

## 4. Hasil Percobaan dan Analisa

### 4.1 Pengujian Tingkat Presisi Modul GPS NEO-06

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan data yang diperoleh dari modul GPS NEO-06 dengan data koordinat yang diperoleh dari pembacaan koordinat pada Google Maps. Hasil pembacaan koordinat pada Google Maps ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data pengujian keakuratan GPS NEO-06

| No | Lokasi                   |           | Google Maps | GPS-NEO    | Error      | Error Jarak |
|----|--------------------------|-----------|-------------|------------|------------|-------------|
| 1  | Depan ATM mandiri Teknik | Latitude  | -6.9751919  | -6.975225  | -0.0000331 | 3.31        |
|    |                          | Longitude | 107.6316154 | 107.631576 | 0.0000394  |             |
| 2  | Depan Gedung P           | Latitude  | -6.9752501  | -6.97525   | -0.0000001 | 0.01        |
|    |                          | Longitude | 107.6296610 | 107.629684 | 0.0000230  |             |
| 3  | Area depan Citramart     | Latitude  | -6.9771281  | -6.977112  | -0.0000161 | 1.61        |

|   |                         |           |             |            |            |      |
|---|-------------------------|-----------|-------------|------------|------------|------|
|   |                         | Longitude | 107.6302658 | 107.630325 | 0.0000592  |      |
| 4 | Depan Convention Center | Latitude  | -6.9712658  | -6.971293  | -0.0000272 | 2.72 |
|   |                         | Longitude | 107.6312093 | 107.631248 | 0.0000387  |      |

Dapat disimpulkan bahwa pembacaan modul GPS NEO-06 sudah cukup baik, dengan error pembacaan terjauh adalah 3.31 meter.

#### 4.2 Pengujian Tingkat Presisi Sensor CMPS LSM303

Nilai dari sensor kompas dibandingkan dengan kompas yang ada, yaitu kompas digital. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor CMPS LSM303

| No                      | Arah | Sudut yang dirahapkan | Sudut terbaca | Error |
|-------------------------|------|-----------------------|---------------|-------|
| 1                       | U    | 0                     | 357.94        | 2.06  |
| 2                       | TL   | 45                    | 41.07         | 3.93  |
| 3                       | T    | 90                    | 92.52         | 2.52  |
| 4                       | TG   | 135                   | 133.74        | 1.26  |
| 5                       | S    | 180                   | 186.02        | 6.02  |
| 6                       | BD   | 225                   | 229.17        | 4.17  |
| 7                       | B    | 270                   | 267.54        | 2.46  |
| 8                       | BL   | 315                   | 309.81        | 5.19  |
| Error relatif rata-rata |      |                       |               | 3.451 |

#### 4.3 Pengujian Driver Motor H-Bridge

Pengujian dilakukan dengan membandingkan tegangan *output* dari *driver* motor dengan  $V_o$  hasil perhitungan. Pada pengujian ini digunakan PWM dengan rentang nilai 0-255, nilai tersebut mempresentasikan nilai 0-5 volt pada mikrokontroller, juga nilai maksimum tegangan *input* pada *driver* motor. Dengan menggunakan persamaan.

$$V_o = \frac{PWM}{255} \cdot V_i$$

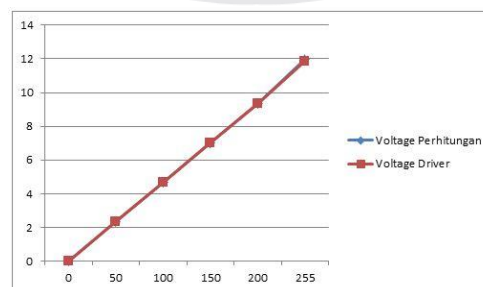
Hasil pengujian ini dapat ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian *driver* motor H-Bridge

| No | Duty Cycle (%) | PWM | Input Voltage | Output Voltage | Perhitungan | Error  |
|----|----------------|-----|---------------|----------------|-------------|--------|
| 1  | 0.00%          | 0   | 11.95         | 0              | 0           | 0      |
| 2  | 19.61%         | 50  | 11.95         | 2.367          | 2.343       | 0.024  |
| 3  | 39.22%         | 100 | 11.95         | 4.698          | 4.686       | 0.012  |
| 4  | 58.82%         | 150 | 11.95         | 7.03           | 7.029       | 0.001  |
| 5  | 78.43%         | 200 | 11.95         | 9.35           | 9.372       | -0.022 |
| 6  | 100%           | 255 | 11.95         | 11.88          | 11.95       | -0.07  |

Dari tabel 3 didapatkan beberapa kesimpulan:

- Nilai *error* maksimum didapat saat nilai PWM 255, yaitu -0.07.
- Nilai *error* minimum didapat saat nilai PWM 0, yaitu 0.
- Nilai *output voltage* pada *driver* motor H-Bridge pada saat nilai PWM kecil lebih besar dibanding dengan hasil perhitungan, namun seiring dengan naiknya nilai PWM, *output voltage* pada *driver* motor H-Bridge mengalami penurunan sampai akhirnya lebih kecil dibanding hasil perhitungan.



Gambar 12. Grafik perbandingan voltage berdasarkan hasil perhitungan dengan hasil PWM

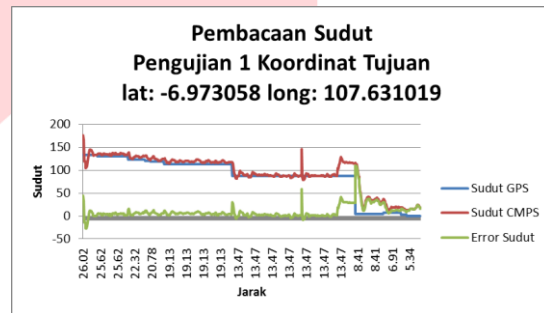
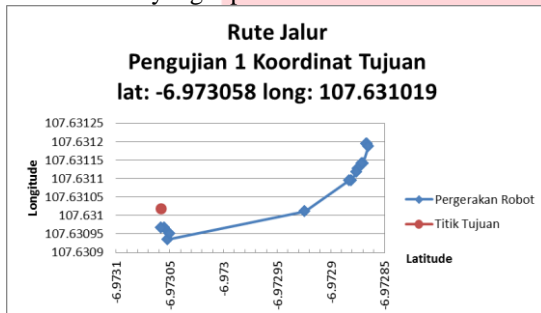
### 4.2 Pengujian Pengaruh Kontrol Posisi Robot Terhadap Parameter

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan robot pada permukaan air kemudian menghubungkan koneksi bluetooth HC-05 dengan sebuah *smartphone* untuk memberikan masukan titik koordinat tujuan, Gambar 13 menunjukkan titik awal (warna putih) dan titik tujuan (warna merah).



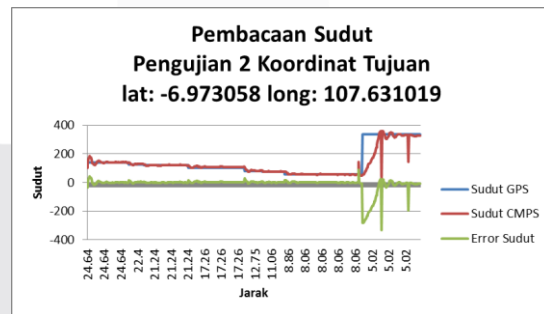
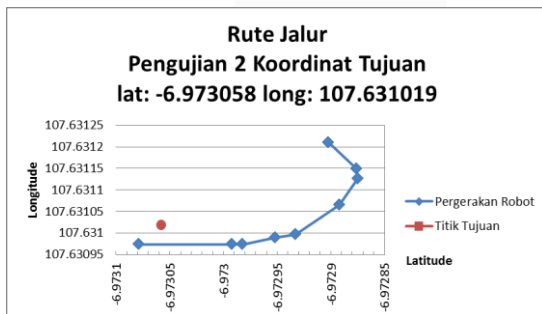
Gambar 13. Titik lokasi awal mula robot berada dan titik lokasi tujuan dengan koordinat lat: -6.973058; long: 107.631019

Gambar 14 menunjukkan tracking lintasan yang dilewati oleh robot, dan gambar 15 menunjukkan pembacaan sudut dan error sudut yang diperoleh.



Gambar 14. Grafik perubahan titik lokasi robot dari lokasi awal ke lokasi tujuan

Gambar 15. Grafik nilai parameter sudut GPS, sudut CMPS, dan error sudut



Gambar 16. Grafik perubahan titik lokasi robot dari lokasi awal ke lokasi tujuan

Gambar 17. Grafik nilai parameter sudut GPS, sudut CMPS, dan error sudut

- Dari data yang diperoleh pada gambar 14, gambar 15, gambar 16, dan gambar 17 dapat disimpulkan bahwa:
1. Meskipun robot mengalami gangguan dari adanya arus air, robot tetap dapat mencapai lokasi tujuan.
  2. Dengan terjadinya pergeseran kurva berwarna biru pada gambar 14 yang menuju pada titik berwarna merah menunjukkan bahwa kontrol fuzzy logic sudah berfungsi dengan baik sebagai kontrol posisi robot bawah air.
  3. Nilai pembacaan pada sudut CMPS mengalami perubahan yang signifikan, hal ini dikarenakan adanya arus air sebagai penyebab terjadinya *error* pada saat pengujian.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada perancangan sistem kontrol posisi robot bawah air, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan robot bawah air sudah cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan berhasilnya robot mencapai lokasi tujuan secara otomatis meskipun berjarak berkisar antara 24.64 – 26.02 meter dari lokasi awal robot dinyalakan. Data yang diterima dari modul GPS sudah cukup baik, dimana tingkat error pembacaan untuk nilai minimum adalah 0.01 dan 3.52 untuk nilai maksimum. Namun perancangan ini memiliki beberapa kelemahan, dimana cukup lamanya update posisi robot dikarenakan data yang di terima oleh modul GPS tidak valid. Begitu pula pada kecepatan waktu lock location modul GPS yang terhitung cukup lama untuk lock location diruang terbuka, meskipun pada beberapa pengujian waktunya yang dibutuhkan modul GPS untuk lock location kurang dari 4 detik.
2. Implementasi fuzzy logic control yang diterapkan pada sistem kontrol posisi robot bawah air ini telah berfungsi dengan baik. Hal ini dibuktikan walaupun robot mengalami gangguan dari adanya arus air, robot tetap dapat mencapai titik lokasi tujuan.

### 5.2 Saran

Pengembangan selanjutnya untuk optimalisasi kontrol posisi underwater robot dan untuk penyempurnaan dari kinerja sistem dapat dilakukan dengan cara,

1. Pembuatan desain perancangan mekanik elektronik underwater robot harus diperhatikan dengan saat baik, terutama pada bagian penempatan rangkaian elektronik, serta bagian sambungan antar kabel dan saklar yang mungkin terjadi kontak dengan air secara langsung.
2. Dalam perancangan robot yang berbasis modul GPS, untuk mengurangi kemungkinan lose lock location alangkah baiknya jika pengambilan data dilakukan dalam kecepatan yang tidak terlalu cepat. Dan untuk mempercepat terjadinya lock location pada modul GPS NEO-06 disarankan dilakukan pada tempat yang terbuka, tanpa ada halangan pada bagian atas robot.
3. Diharapkan pada percobaan selanjutnya modul GPS yang digunakan mungkin dapat diganti dengan modul GPS yang memiliki tingkat kestabilan yang lebih baik seperti GPS-NEO 08.

### Daftar Pustaka

- [1] Atmel Datasheet, Microcontroller Atmega328.
- [2] Gitakarma, dkk..2014.Alat Bantu Survey Bawah Air Menggunakan Amoba, Robot Berbasis Rov. Bali:Universitas Pendidikan Ganesha.
- [3] Adolf, Mediocto Sahat, dkk..2011.Implementasi Sistem Tampilan Lokasi Berbasis GPS di Kereta Api Sebagai Pemandu Otomatis.Bandung:IT Telkom.
- [4] M. Drtill, Electronic and sensor design of an autonomous underwater vehicle, Perth, Australia: The University of Western Australia, 2006.
- [5] Tapilatu, Yosmina , dan Augy Syaihailatua.2014. “Prosiding lok 2014 Pentingnya eksplorasi perairan laut dalam di Kepulauan Maluku submitted”. [online]. Tersedia dari: ([http://lipi.go.id/publikasi/prosiding\\_lok\\_2014\\_pentingnya-eksplorasi-perairan-laut-dalam-di-kepulauan-maluku\\_submitted/2970](http://lipi.go.id/publikasi/prosiding_lok_2014_pentingnya-eksplorasi-perairan-laut-dalam-di-kepulauan-maluku_submitted/2970).diakses tanggal 6 Juli 2017)
- [6] Suyanto.2007.Artificial Inteligent.Bandung:Informatika Bandung.
- [7] Suwito, Mohamad Ridwan, dkk..2014.Rancang Bangun Prototype Sistem Kontrol Penjejak Lintasan Pada Kapal Tanpa Awak Menggunakan Fuzzy Logic.Surabaya:Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8] Wijaya, Purba.2010.Alat Pelacak Lokasi Berbasis GPS Via Komunikasi seluler.Jurnal Teknik Elektro.Vol 12:2