

KONTROL POSISI PADA DRIFTING BUOY DI SUNGAI MENGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC

POSITION CONTROL OF DRIFTING BUOY IN RIVER USING FUZZY LOGIC METHOD

Armadeo Husein ¹, Ir. Porman Pangaribuan, M.T.², Agung Surya Wibowo, S.T, M.T.³
Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi, Dayeuhkolot Bandung 40257 Indonesia
¹ardeyajah@student.telkomuniversity.ac.id, ², porman@telkomuniversity.ac.id,
³agungsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Ditetapkannya sungai Citarum sebagai sungai terkotor di dunia pada tahun 2013 mendorong pemerintah untuk melakukan penanggulangan terhadap sungai tersebut. Salah satu bentuk penanggulangan yang dapat dilakukan adalah dengan menempatkan alat pemantau keadaan sungai yang dapat melakukan pengecekan air dan ekosistem secara otomatis. Akan tetapi, keadaan sungai yang kotor dan penuh sampah akan menyulitkan untuk dilakukannya proses pemantauan ekosistem karena keadaan sampah yang dapat membawa serta sensor yang telah di tempatkan pada sungai tersebut.

Penelitian tugas akhir ini akan dipusatkan pada bagaimana cara melakukan kontrol posisi pada suatu sistem pantau otomatis yang berupa *drifting buoy*. Kendali yang akan digunakan adalah kendali *fuzzy logic*, dan data yang akan didapatkan adalah lokasi *drifting buoy* dalam bentuk koordinat (latitude dan longitude). Data tersebut didapatkan dengan melakukan pengecekan lokasi menggunakan GPS. Data koordinat yang didapat selanjutnya akan digunakan sebagai acuan dari pergerakan alat sehingga dapat mencapai koordinat yang telah ditentukan.

Hasil akhir yang didapatkan adalah sebuah prototype *drifting buoy* yang dapat kembali ke posisi set point apabila terjadi pergeseran koordinat akibat adanya gangguan eksternal. Tingkat akurasi yang didapatkan sebesar 81,66 persen dengan rata-rata error 2,75 meter.

Kata Kunci: *drifting buoy, GPS, fuzzy logic, position control, latitude, longitude.*

Abstract

The establishment of the Citarum river as the dirtiest river in the world in 2013 prompted the government to take an action to improve the river. One of countermeasures that can be done is by placing a river monitoring devices that can check the water and ecosystem automatically. However, the condition of the river will make it difficult to carry out the monitoring process because of the waste that also floating in the river, which can carry along the sensors that have been placed.

This final project will focus on how to control the sensor position with an automatic monitoring system in the form of a *drifting buoy*. The control method that will be used, is the *fuzzy logic control*, and the data that's going to be obtained and controlled is the location in the form of coordinates (latitude and longitude). The data is obtained by checking the location using GPS. The coordinate will then be used as a reference for the movement of the buoy so that it can reach the specified coordinates.

The final result of this project is a prototype of a *drifting buoy* that can maintain the set point position if there is an error due to external interference. The accuracy is around 81,66 percent with average error of 2,75 meters.

Keywords: *drifting buoy, GPS, fuzzy logic, Position Control, latitude, longitude*

1. Latar Belakang

Sungai Citarum, Jawa Barat, sempat disebut sebagai sungai paling tercemar di dunia pada tahun 2013. Tingginya tingkat pencemaran pada sungai Citarum dan beberapa sungai lainnya di Indonesia mendorong dilakukannya penelitian untuk menanggulangi kerusakan tersebut. Salah satu penelitian yang dapat dilakukan adalah dengan menempatkan sensor untuk mengukur berbagai macam parameter dari sungai tersebut. Parameter inilah yang kemudian akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan tindakan penanggulangan selanjutnya.

Akan tetapi, sebagian sungai yang tingkat pencemarannya tinggi hampir selalu disertai dengan banyaknya sampah, sehingga, dapat mengakibatkan sensor tersangkut dan berpindah. Hal ini akan mengganggu jalannya proses penelitian, karena data pengukuran menjadi kurang tepat dan kurang presisi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penulis melakukan penelitian dan merancang prototype suatu sistem kendali, yang bekerja untuk mengembalikan posisi alat ke set point apabila terjadi gangguan eksternal tersebut. Sistem kendali dirancang berdasarkan teknologi “drifting buoy”, yang merupakan pengaplikasian dari pengendalian sistem jarak jauh menggunakan wireless communication.

Drifting buoy sudah banyak diaplikasikan dan dikembangkan oleh beberapa negara terutama di Eropa untuk menjaga tingkat kejernihan air dan juga berbagai macam fungsi lainnya. Drifting buoy akan dikendalikan oleh operator melalui PC (Personal Computer) berdasarkan data yang diberikan oleh sistem navigasi GPS (Global Positioning System) dan sensor kompas.

Pada tugas akhir ini sistem kendali posisi yang dikembangkan akan menggunakan metode fuzzy logic. Fuzzy logic akan mengatur gerak kapal berdasarkan posisi latitude dan longitude yang didapatkan dari GPS. Output yang dihasilkan berupa sinyal PWM (Pulse Width Modulation) untuk mengatur tingkat kecepatan aktuator (motor DC). Hasil akhir yang diperoleh berupa prototype drifting buoy dengan sistem navigasi GPS dan teknik waypoint.

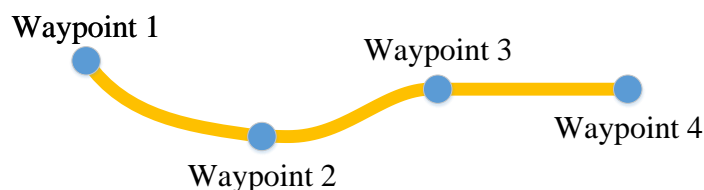
2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Drifting Buoy

Drifting buoy merupakan alat yang beroperasi diatas permukaan air untuk melakukan berbagai macam fungsi. Drifting buoy sudah digunakan secara luas di banyak negara, menjadikan alat ini sebagai metode umum yang digunakan untuk mengumpulkan parameter-parameter yang dihasilkan oleh sungai seperti arah pergerakan aliran sungai dan kualitas air. Alat ini dapat dikendalikan secara jarak jauh oleh operator, sehingga harus memiliki berbagai macam sistem pendukung untuk melakukan komunikasi data. Selain itu, drifting buoy juga harus dilengkapi dengan sistem navigasi, sistem kendali aktuator, dan berbagai macam sensor, tergantung dari tujuan perancangan drifting buoy tersebut.

2.2 Navigasi Waypoint

Sistem navigasi dibutuhkan untuk mengontrol arah gerak dari suatu kendaraan atau robot, salah satunya teknik *waypoint*. Teknik ini menggunakan informasi *waypoint* berupa kumpulan koordinat *latitude* dan *longitude* yang digunakan sebagai rute [7]. Rute dari sistem navigasi waypoint ditunjukkan pada gambar II-2 berikut:



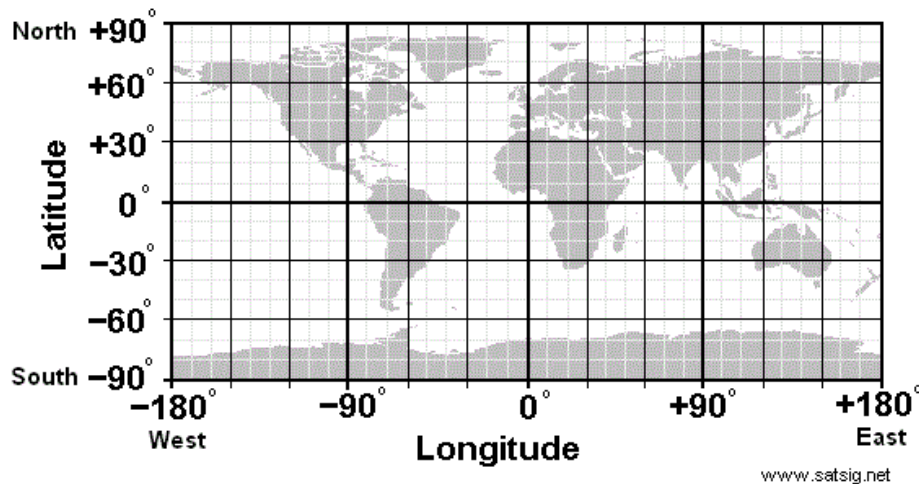
Gambar II-1. Rute Navigasi Waypoint

2.3 Latitude dan Longitude

Latitude merupakan garis-garis horizontal yang mengelilingi bumi dan sejajar dengan garis khatulistiwa. Garis Khatulistiwa merupakan *latitude* dengan diameter terbesar, dan bernilai 0 derajat. *Latitude* diukur dari utara atau selatan garis khatulistiwa. *Latitude* memiliki nilai derajat yang sudah ditetapkan, berkisar dari 0 derajat sampai dengan 90 derajat. Arah utara khatulistiwa akan memberikan nilai *latitude* positif, dan arah selatan khatulistiwa akan memberikan nilai *latitude* negatif.

Longitude adalah garis-garis vertikal yang mengelilingi bumi dan sejajar dengan Meridian Utama (Greenwich, Inggris). *Longitude* menunjukkan arah timur atau barat dari garis 0 derajat, yang merupakan Meridian Utama. *Longitude* yang berada di utara Meridian Utama akan bernilai positif, sedangkan di selatan akan bernilai negatif. Semakin jauh dari Meridian Utama, maka nilai derajat *longitude* juga akan semakin besar, sampai mencapai Garis Tanggal Internasional (180 derajat timur dan barat Meridian Utama).

Perbedaan dari latitude dan longitude dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar II-2. *Latitude dan Longitude*

Sebagai contoh, data yang didapatkan dari perhitungan lokasi suatu tempat dengan menggunakan GPS adalah 7° 48' 10.2" S, dan 110° 22' 26.9" E. Nilai yang dimaksud oleh data tersebut adalah 7 derajat 48 menit 10.2 detik ke arah south (selatan) dan 110 derajat 22 menit 26.9 detik ke arah east (timur). Nilai tersebut dapat dikonversikan kedalam bentuk lain dengan menggunakan rumus:

$$\text{Koordinat desimal} = \text{derajat} + \frac{\text{menit}}{60} + \frac{\text{detik}}{3600} \quad (1)$$

Dengan selatan dan barat masing-masing memiliki nilai minus (-) pada koordinat latitude dan longitude. Sehingga, nilai pada contoh di atas dapat di konversikan menjadi -7.8028333 (*latitude*) dan 110.374138 (*longitude*)

2.4 GPS

Global Positioning System (GPS) merupakan salah satu sistem navigasi satelit global yang berperan penting dalam mengumpulkan pergerakan suatu objek dalam ruang geografis. Dalam bidang ekologi, GPS digunakan untuk mengetahui pergerakan jalur migrasi burung, gajah, dan rusa. Dalam area urban, GPS digunakan untuk mendeteksi arus lalu lintas dan pola aktivitas manusia di kota. Dalam penelitian transportasi, GPS memungkinkan pemantauan *smart vehicle* dan pemetaan jaringan transportasi [10].

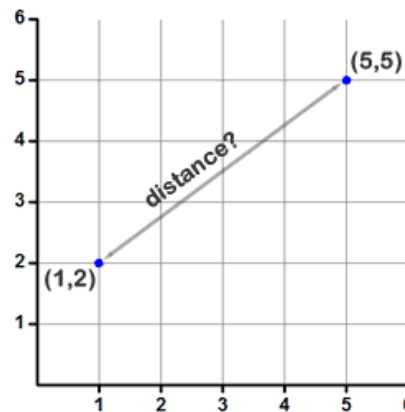
Kerja GPS berdasarkan data jaringan dari 24-31 satelit yang ditempatkan di orbit dan bekerja secara *realtime*. Satelit tersebut akan memancarkan sinyal ke *GPS receiver* pada pengguna secara terus menerus. Untuk mengetahui koordinat *longitude* dan *latitude* pengguna dengan tepat, setidaknya *GPS receiver* harus terkunci pada minimal 3-4 satelit. Kemudian *GPS receiver* akan menghitung perbedaan waktu dari sinyal dikirim satelit hingga *GPS receiver* menerimanya [11].

Pada kondisi normal, GPS dapat memberikan informasi yang akurat, dengan nilai error kurang dari 10 meter. Akan tetapi, tingkat akurasi GPS dapat berubah-ubah, tergantung dari ada atau tidaknya gangguan yang didapatkan selama proses transmisi. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi tingkat akurasi dari GPS adalah letak geometris satelit, ada atau tidaknya penghalang sinyal, kondisi atmosfer, serta desain perangkat dari penerima sinyal GPS [12].

2.5 Perhitungan Jarak 2 Titik Koordinat

Berdasarkan data yang didapatkan dari GPS, dapat diketahui berbagai macam informasi yang dapat digunakan untuk berbagai macam kepentingan. Beberapa diantaranya adalah jarak dan sudut dari dua lokasi yang berbeda. Untuk mengetahui jarak tersebut, dapat digunakan beberapa macam teori, namun yang termudah adalah dengan menggunakan teori *Euclidean Distance*. *Euclidean Distance* adalah perhitungan jarak dari dua titik dalam *Euclidean Space*. *Euclidean Space* diperkenalkan oleh Euclid, seorang matematikawan dari Yunani pada tahun 300 SM untuk mempelajari hubungan antara sudut dan jarak. *Euclidean* berkaitan dengan Teorema *Phytagoras* dan biasanya dapat ditetapkan dalam satu, dua, maupun tiga dimensi.

Ilustrasi dari pengukuran jarak dengan metode *Euclidean* akan ditunjukkan pada contoh dibawah ini:



Gambar II-4. Koordinat Jarak

Lokasi pertama memiliki koordinat (1,2). Titik kedua berada pada koordinat (5,5). Jarak kedua titik dapat dicari dengan rumus:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$

Keterangan:

- d : jarak antara koordinat 1 dan koordinat 2
- x_1 : nilai sumbu x koordinat 1
- x_2 : nilai sumbu x koordinat 2
- y_1 : nilai sumbu y koordinat 1
- y_2 : nilai sumbu y koordinat 2

Rumus tersebut selanjutnya dapat diimplementasikan menjadi:

$$d = \sqrt{(\text{Lat}_1 - \text{Lat}_2)^2 + (\text{Long}_1 - \text{Long}_2)^2} \quad (3)$$

Dengan menggunakan rumus tersebut, akan didapatkan hasil dalam bentuk koordinat atau *decimal degree* (sesuai dengan format *latitude longitude* yang digunakan). Dengan mengalikan nilai tersebut dengan 111.319 km (1 derajat bumi = 111.319), maka akan didapatkan jarak real dari dua titik koordinat tersebut [13].

Sebagai contoh, ada dua buah titik yang akan diukur jaraknya dengan menggunakan persamaan *Euclidean distance*. Dua titik tersebut akan ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

| Lokasi | Latitude | Longitude |
|--------|-----------|------------|
| A | -6.901361 | 107.618633 |
| B | -6.811771 | 107.618279 |

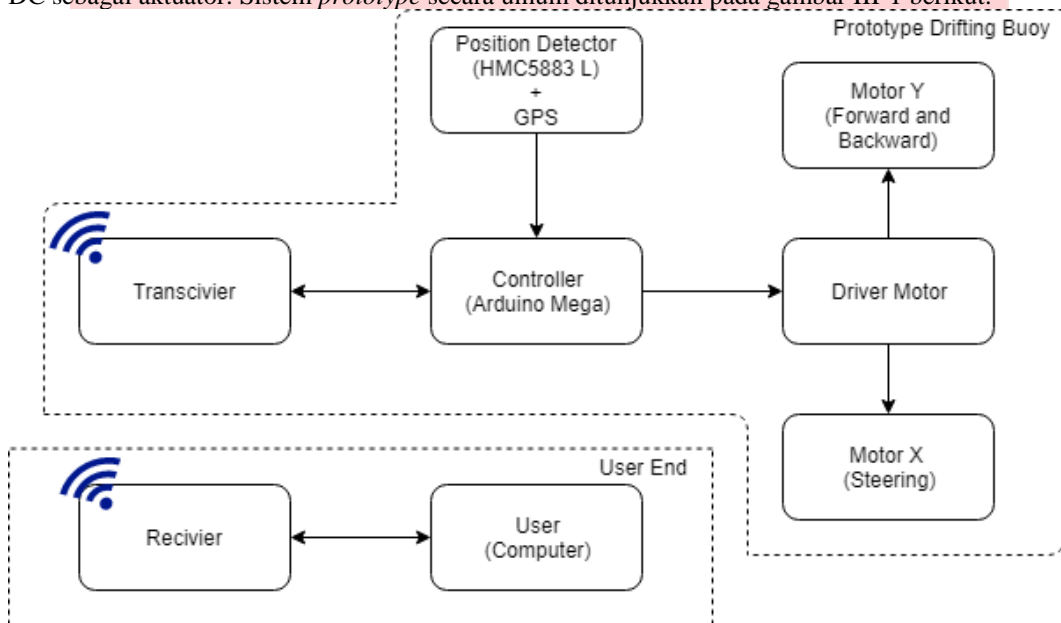
Dengan memasukkan data tersebut kedalam persamaan *Euclid*, maka didapatkan:

$$d = \sqrt{(-6.901361 - (-6.811771))^2 + (107.618633 - 107.618279)^2} \times 111.319 d = 9.973 \text{ Km}$$

3. Pembahasan

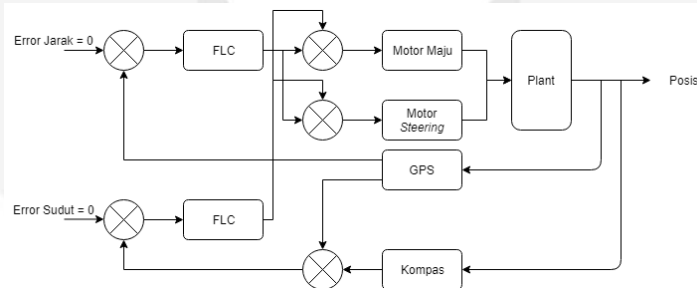
3.1 Desain Sistem

Sistem *prototype* dari *drifting buoy* menggunakan Arduino Mega sebagai pengendali untuk mengelola data yang didapatkan dari sensor GPS Neo 6M dan HMC5883 L. *Output* yang dihasilkan dari Arduino akan digunakan sebagai *input* dari driver motor untuk menentukan kecepatan motor DC sebagai aktuator. Sistem *prototype* secara umum ditunjukkan pada gambar III-1 berikut:



Gambar III-1. Diagram Blok Sistem Secara Umum

3.2 Diagram Blok Sistem

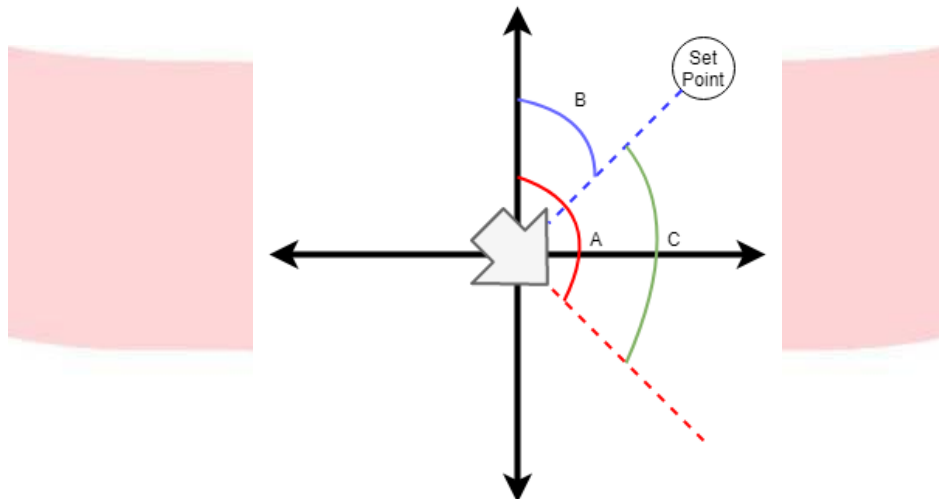


Gambar III - 2 Diagram Blok Sistem.

Berdasarkan diagram blok sistem kendali pada gambar III-2, terdapat 2 FLC yang akan beroperasi ketika sistem dijalankan. FLC pertama mendapatkan *input* berupa nilai *error* jarak dan akan menghasilkan *output* berupa nilai PWM untuk mengatur kecepatan motor DC. Semakin kecil *error* jarak, maka nilai PWM juga akan semakin kecil. FLC kedua mendapatkan *input* berupa nilai *error* sudut, dengan *output* berupa nilai PWM untuk mengatur arah gerak *prototype*. FLC ini juga akan menentukan apakah *prototype* harus bergerak maju atau mundur untuk mencapai *set point* yang telah ditentukan.

3.3 Pembacaan Sudut Heading

Pembacaan sudut *heading* berfungsi untuk mengetahui dan mengontrol kemana arah prototype bergerak. Sudut heading juga dibutuhkan untuk menghitung error sudut, yang nantinya akan diolah oleh FLC untuk menentukan berapa nilai PWM yang harus diberikan kepada motor DC. Sudut heading merupakan sudut yang terbaca oleh kompas HMC5883 L.



Gambar III-3. Sudut GPS dan Sudut Kompas

Keterangan:

A : Sudut Kompas (θ_{kompas})

B : Sudut GPS (θ_{GPS})

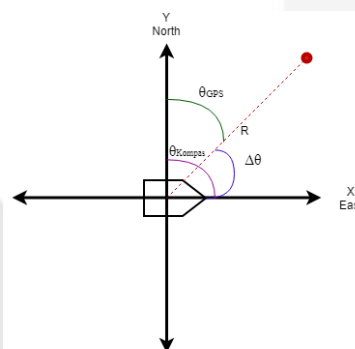
C : Error Sudut ($\Delta\theta$)

Berdasarkan Gambar III-3, dapat ditentukan bahwa untuk mencari error sudut, dapat digunakan rumus:

$$\Delta\theta = \theta_{kompas} - \theta_{GPS} \quad (III-1)$$

3.4 Perancangan Waypoint

Waypoint akan dirancang dengan menggunakan nilai delta *error* sebagai acuan. Sistem akan terus berjalan dan menggerakkan motor hingga nilai delta *error* sama dengan 0. Perancangan metoda *waypoint* akan di jelaskan oleh gambar III-4.



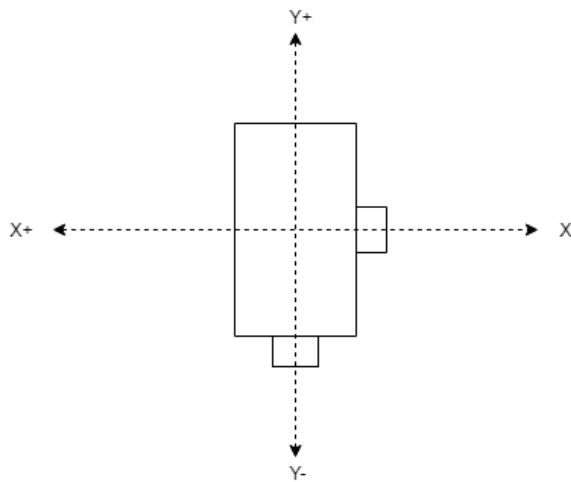
Gambar III-4. Perancangan Waypoint

Keterangan:

| | | |
|-------------------|---|--|
| R | = | Jarak prototype dengan destinasi (error jarak) |
| $\Delta\theta$ | = | delta error ($\theta_{kompas} - \theta_{GPS}$) |
| θ_{kompas} | = | Sudut yang dibaca oleh Kompas |
| θ_{GPS} | = | Sudut yang dibaca oleh GPS |

Pada gambar III-4 diatas, lokasi dari *prototype* diasumsikan berada pada koordinat (0, 0) dengan menghadap ke arah timur. θ_{kompas} merupakan nilai sudut yang dibaca oleh sensor kompas dari arah heading *prototype*. θ_{GPS} merupakan nilai yang dibaca oleh sensor GPS, yaitu sudut yang terbentuk antara arah utara dengan koordinat dari destinasi yang akan dituju. R merupakan jarak yang terbentuk dari *prototype* dengan koordinat destinasi. Dan $\Delta\theta$ adalah selisih sudut dari θ_{GPS} dan θ_{kompas} .

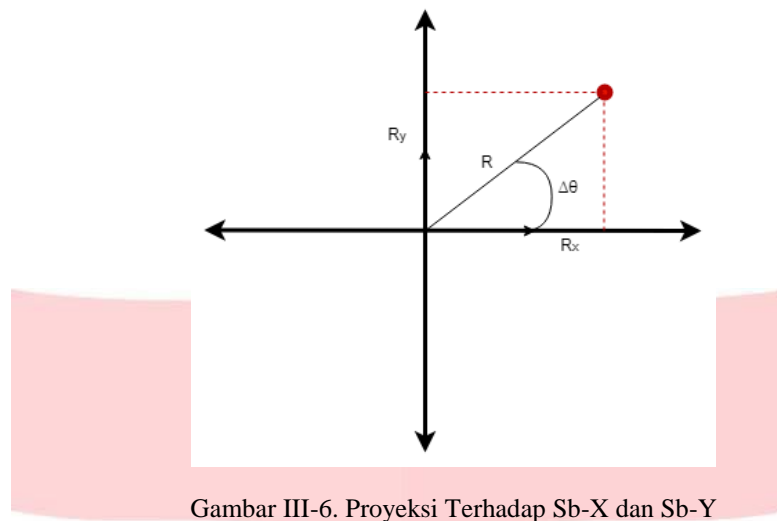
Pengelolaan nilai positif dan negatif dari arah gerak *prototype* akan ditunjukkan oleh gambar III-5 berikut.



Gambar III-5. Arah Gerak Kapal

Berdasarkan gambar III-5 diatas, Y_+ menggambarkan *prototype* ketika bergerak maju, dan Y_- menggambarkan *prototype* ketika bergerak mundur. X_+ ketika bergerak kearah kiri, dan X_- ketika bergerak kearah kanan.

Selanjutnya, gambar III-4 akan diproyeksikan terhadap sumbu x dan sumbu y sehingga mendapatkan persamaan baru. Hasil proyeksi akan ditunjukkan oleh gambar III-6.



R_x dan R_y merupakan nilai hasil dari proyeksi jarak dari *prototype* ke koordinat tujuan terhadap sumbu x dan sumbu y. Nilai ini akan berperan sebagai nilai masukan bagi sistem untuk mengatur seberapa cepat motor harus berputar. Nilai R_x dan R_y bisa didapatkan dengan menggunakan persamaan matematis berikut:

$$R_x = R \cos \Delta\theta \quad (\text{III-2})$$

$$R_y = R \sin \Delta\theta \quad (\text{III-3})$$

$$\Delta\theta = \theta_{kompas} - \theta_{GPS}$$

Nilai dari R_x dan R_y akan menentukan arah gerak dari *prototype*. Ketika R_y bernilai positif, maka *prototype* akan bergerak maju, dan ketika bernilai negatif, maka *prototype* akan bergerak mundur. Nilai R_x digunakan untuk menentukan arah belok dari *prototype*. Nilai positif akan membuat *prototype* bergerak ke kiri, dan nilai negatif akan menggerakkan *prototype* ke kanan.

4. Hasil dan Analisis

4.1 Pengujian IC GPS Neo-6M

Sensor Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil pembacaan koordinat yang dilakukan oleh IC GPS NEO-6M. Pengujian ini terdiri dari pengujian statis pembacaan IC GPS Neo-6M. Tabel IV-1 berikut menunjukkan hasil pengujian statis dari IC GPS NEO-6M.

Tabel IV-1. Pengujian Statis IC GPS NEO-6M

| Data ke- | Latitude | Longitude | Data ke- | Latitude | Longitude |
|----------|-----------|------------|----------|-----------|------------|
| 1 | -6.977412 | 107.629707 | 16 | -6.977426 | 107.629699 |
| 2 | -6.977412 | 107.629707 | 17 | -6.977426 | 107.629699 |
| 3 | -6.977412 | 107.629714 | 18 | -6.977427 | 107.629699 |
| 4 | -6.977413 | 107.629714 | 19 | -6.977427 | 107.629699 |
| 5 | -6.977414 | 107.629714 | 20 | -6.977428 | 107.629699 |
| 6 | -6.977415 | 107.629714 | 21 | -6.977429 | 107.629699 |
| 7 | -6.977416 | 107.629707 | 22 | -6.977431 | 107.629692 |
| 8 | -6.977417 | 107.629707 | 23 | -6.977431 | 107.629692 |
| 9 | -6.977419 | 107.629707 | 24 | -6.977432 | 107.629692 |
| 10 | -6.977420 | 107.629707 | 25 | -6.977433 | 107.629692 |
| 11 | -6.977421 | 107.629707 | 26 | -6.977433 | 107.629692 |

| | | | | | |
|----|-----------|------------|----|-----------|------------|
| 12 | -6.977422 | 107.629707 | 27 | -6.977434 | 107.629692 |
| 13 | -6.977423 | 107.629699 | 28 | -6.977434 | 107.629692 |
| 14 | -6.977423 | 107.629699 | 29 | -6.977435 | 107.629692 |
| 15 | -6.977424 | 107.629699 | 30 | -6.977435 | 107.629684 |

4.2. Pengujian Kompas HMC 5883L

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai pembacaan HMC 5883L dengan pembacaan kompas HP.

Tabel IV-3. Akurasi IC Kompas HMC5883L

| No. | Pembacaan Sensor(x_i) | Nilai Sebenarnya (x) | <i>Error</i> ($x-x_i$) | <i>Error Kuadrat</i> ($x-x_i$) ² |
|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| 1 | 0.33 | 0 | -0.33 | 0.1089 |
| 2 | 45.70 | 45 | -0.70 | 0.49 |
| 3 | 89.87 | 90 | 0.13 | 0.0169 |
| 4 | 135.05 | 135 | -0.05 | 0.0025 |
| 5 | 180.22 | 180 | -0.22 | 0.0484 |
| 6 | 225.08 | 225 | -0.08 | 0.0064 |
| 7 | 270.20 | 270 | -0.20 | 0.04 |
| 8 | 315.18 | 315 | -0.18 | 0.0324 |
| Rata-rata <i>Error Kuadrat</i> | | | | 0.0931875 |

Tabel IV-4. Tingkat Presisi IC Kompas HMC5883L

| No. | Pembacaan Sensor(x_i) | Rata-rata Pembacaan (\bar{x}) | <i>Error</i> ($\bar{x}-x_i$) | <i>Error Kuadrat</i> ($\bar{x}-x_i$) ² |
|-----|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---|
| 1 | 315.18 | 315.37 | 0.19 | 0.0361 |
| 2 | 315.44 | 315.37 | -0.07 | 0.0049 |
| 3 | 315.35 | 315.37 | 0.02 | 0.0004 |
| 4 | 315.35 | 315.37 | 0.02 | 0.0004 |
| 5 | 315.44 | 315.37 | -0.07 | 0.0049 |
| 6 | 315.53 | 315.37 | -0.16 | 0.0256 |
| 7 | 315.44 | 315.37 | -0.07 | 0.0049 |
| 8 | 315.35 | 315.37 | 0.02 | 0.0004 |
| 9 | 315.18 | 315.37 | 0.19 | 0.0361 |
| 10 | 315.44 | 315.37 | -0.07 | 0.0049 |
| 11 | 315.44 | 315.37 | -0.07 | 0.0049 |
| 12 | 315.35 | 315.37 | 0.02 | 0.0004 |
| 13 | 315.53 | 315.37 | -0.16 | 0.0256 |
| 14 | 315.35 | 315.37 | 0.02 | 0.0004 |
| 15 | 315.35 | 315.37 | 0.02 | 0.0004 |
| 16 | 315.35 | 315.37 | 0.02 | 0.0004 |
| 17 | 315.44 | 315.37 | -0.07 | 0.0049 |
| 18 | 315.44 | 315.37 | -0.07 | 0.0049 |
| 19 | 315.26 | 315.37 | 0.11 | 0.0121 |

| | | | | |
|--------------------------------|--------|--------|-------|--------------------|
| 20 | 315.44 | 315.37 | -0.07 | 0.0049 |
| 21 | 315.44 | 315.37 | -0.07 | 0.0049 |
| 22 | 315.35 | 315.37 | 0.02 | 0.0004 |
| 23 | 315.09 | 315.37 | 0.28 | 0.0784 |
| 24 | 315.26 | 315.37 | 0.11 | 0.0121 |
| 25 | 315.26 | 315.37 | 0.11 | 0.0121 |
| 26 | 315.44 | 315.37 | -0.07 | 0.0049 |
| 27 | 315.35 | 315.37 | 0.02 | 0.0004 |
| 28 | 315.35 | 315.37 | 0.02 | 0.0004 |
| 29 | 315.44 | 315.37 | -0.07 | 0.0049 |
| 30 | 315.61 | 315.37 | -0.24 | 0.0576 |
| Variansi | | | | 0.012193103 |
| Standar Deviasi (SD) | | | | 0.110422387 |
| Konstanta Variansi (KV) | | | | 0.035013081 |

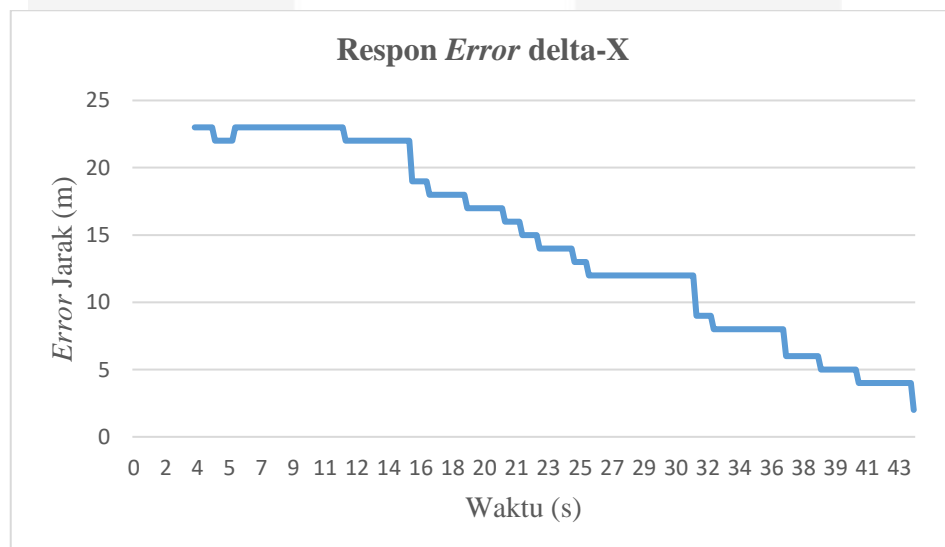
Dari Tabel IV-3 dan Tabel IV-4, rata-rata *error* kuadrat yang dihasilkan IC Kompas HMC5883L adalah 0.0931875. Sedangkan, nilai Konstanta Variansi (KV) yang diperoleh adalah 0.035013081%. Semakin kecil nilai Konstanta Variansi (KV) menunjukkan semakin presisi alat tersebut.

4.3. Pengujian Respon Sistem

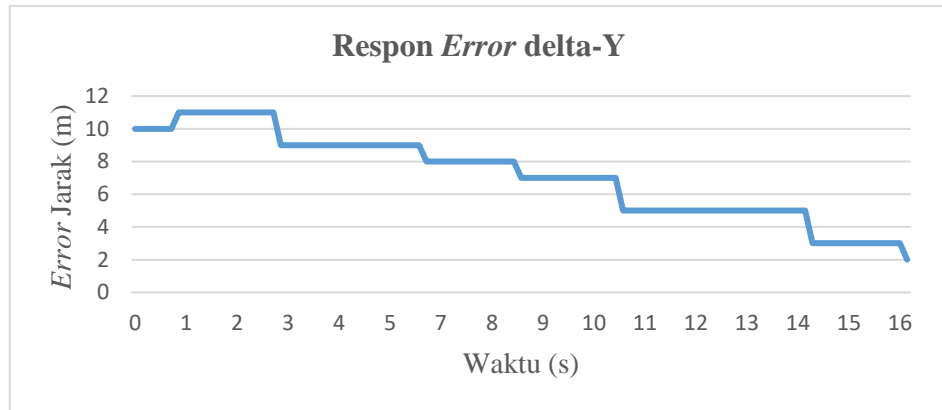
Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan *error* terhadap sistem drifting buoy yang sedang beroperasi. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan perkiraan nilai *error* jarak dan sudut yang sama. Hasil pengujian respon sistem adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1

Hasil pengujian respon *error* yang ditempuh sistem terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar IV-2 dan IV-3 berikut:



Gambar IV-2. Respon *Error* delta-X

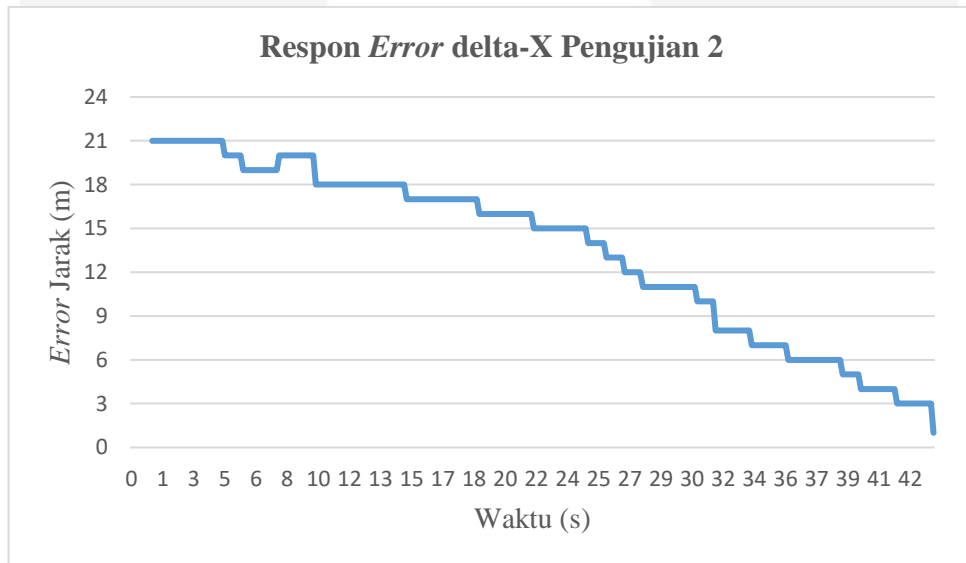


Gambar IV-3. Respon Error delta-Y

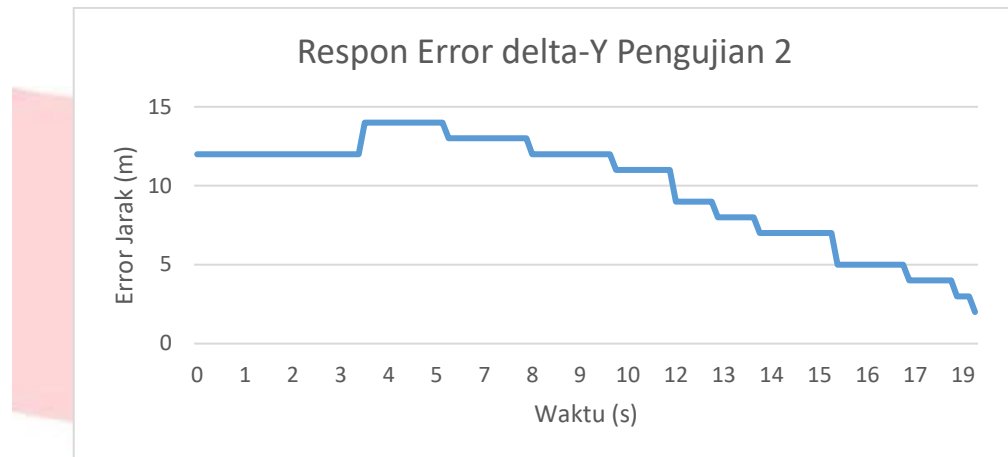
Berdasarkan Gambar IV-2 dan IV-3, jarak yang terbaca semakin lama semakin berkurang dikarenakan adanya pergerakan dari *drifting buoy*. Fluktuasi nilai jarak yang terbaca kemungkinan disebabkan oleh pembacaan koordinat yang kurang sesuai oleh GPS dan Kompas. Berdasarkan hasil pengujian sistem *waypoint drifting buoy* dengan kendali *fuzzy logic* menghasilkan error 3,2 meter. Dihitung dari posisi berhenti *drifting buoy* dengan lokasi set point.

b. Pengujian 2

Hasil pengujian respon error yang ditempuh sistem terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar IV-4 dan IV-5 berikut:



Gambar IV-4. Respon Error delta-X Pengujian 2



Gambar IV-5. Respon *Error delta-Y* Pengujian 2

Berdasarkan Gambar IV-4 dan IV-6, *error* jarak yang terbaca semakin lama semakin berkurang dikarenakan adanya pergerakan dari *drifting buoy*. Fluktuasi nilai jarak yang terbaca disebabkan oleh pembacaan koordinat GPS kurang sesuai. Hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca, jumlah satelit yang terkunci dan lokasi pengujian.

5. Kesimpulan dan Saran

1. Sistem *waypoint drifting buoy* dengan kendali *fuzzy logic* berhasil membuat *mobile robot* bergerak dari titik awal ke titik tujuan dan mampu beradaptasi jika diberi gangguan.
2. Pemilihan komponen GPS mempengaruhi hasil kerja sistem *waypoint mobile robot* dengan kendali *fuzzy logic*. Penggunaan IC GPS Neo-6M pada sistem ini menyebabkan adanya *error* hasil akhir pengujian. Berdasarkan hasil pengujian 1, sistem *waypoint mobile robot* dengan kendali *fuzzy logic* menghasilkan *error* 3,2 meter untuk destinasi 1, dan 1,8 meter untuk destinasi 2. Sedangkan berdasarkan hasil pengujian 2, *error* yang dihasilkan sebesar 2,4 meter untuk destinasi 1, dan 3,9 meter untuk destinasi 2.
3. Desain penampang yang digunakan berpengaruh terhadap pergerakan. Desain yang tidak sesuai dapat menyebabkan pergerakan yang sangat fluktuatif dan nilai *error* yang beresilasi.
4. Penyesuaian prototype *drifting buoy* pada penggunaan motor dan desain penampang sehingga dapat lebih optimal.
5. Pemilihan komponen GPS berdasarkan tingkat akurasi dan presisi pembacaan koordinatnya. Semakin akurat dan presisi GPS, maka sistem akan semakin akurat dan presisi.
6. Untuk pengerjaan tugas akhir selanjutnya, bisa dengan menambahkan variabel linguistik dan *rules* yang digunakan agar pergerakan *drifting buoy* dapat lebih halus sehingga responnya bisa semakin baik.

Daftar Pustaka:

- [1] L. C. PRICE, "The Death of the Citarum River: Indonesia's Most Toxic Waterway," 13 March 2017. [Online]. Available: <http://pulitzercenter.org/reporting/death-citarum-river-indonesias-most-toxic-waterway>.
- [2] W. Schmidt, D. Raymond, D. Parish, I. G. C. Ashton, P. I. Miller, C. J. A. Compos and J. D. Shutler, "Design and operation of a low-cost and compact autonomous buoy sistem for use in coastal aquaculture and water quality monitoring," *Aquacultural Engineering*, p. 1, 2017.
- [3] S. Nugroho, "Sistem Navigasi Gerak Roboboat Berdasarkan GPS," in *Buku Tugas Akhir*, Bandung, Universitas Telkom, S1 Teknik Elektro, 2015.
- [4] L. Emery, R. Smith, D. Mcneal and B. Hughes, "Drifting Buoy for Autonomous Measurement of River Environment," *Ocean*, pp. 1-8, 2009.
- [5] J. MacMahan, "Drifter Trajectories in Riverine Environments Distribution," pp. 1-7, 2009.
- [6] H. A. Kadir, N. H. Darus and K. Isa, "Development of Drifting Buoy Inspired by Water Strider for Shallow Water Environment," in *IEEE*, 2017.
- [7] S. Khan, K. Ahmad and I. Khan, "Waypoint Navigation System Implementation via a Mobile Robot Using Global Positioning System (GPS) and Global System for Mobile Communications (GSM) Modems," *International Journal of Computational Engineering Research*, vol. 03, no. 7, p. 49, July 2013.
- [8] G. P. Sari, "SISTEM WAYPOINT DENGAN METODE FUZZY LOGIC PADA MOBILE ROBOT," in *Buku Tugas Akhir*, Bandung, Universitas Telkom, S1 Teknik Elektro, 2018, p. 5.
- [9] "Explanation of Latitude and Longitude," [Online]. Available: http://www.satsig.net/lat_long.htm.
- [10] P. Ranacher, R. Brunauer, W. Trutschnig, S. V. d. Spek and S. Reich, "Why GPS Makes Distances Bigger Than They Are," *International Journal of Geographical Information Science*, pp. 1-2, 2015.
- [11] S. Agarwal and J. Budideti, "GPS BASED NAVIGATION SYSTEMS," in *Proceedings of ICEECMPE International Conference*, New Delhi, 2013.
- [12] Government, US, "GPS.Gov," Noaa, 05 12 2017. [Online]. Available: <https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/>. [Accessed 11 9 2019].
- [13] A. Adiwilaga, "Teori Pengukuran Jarak," 10 September 2015. [Online]. Available: <https://blogs.itb.ac.id/anugraha/2014/09/10/teori-pengukuran-jarak/>.

- [14] R. Dikairono, T. A. Sardjono and L. Yulianto, "Sistem Navigasi dan Penghindar Rintangan Pada Mobile Robot Menggunakan GPS dan Pengukur Jarak Ultrasonik," *JAVA Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 11, no. 1, p. 2, 2013.
- [15] R. Fernandes, K. Mukambika, S. Priyanka, L. Ranjini and C. Anjanappa, "Digital Compass," *IEEE*, vol. 4, no. Engineering and Technology Research (IJSETR), 2015.
- [16] T. Ozyagcilar, "Implementing a Tilt-Compensated eCompass using Accelerometer and Magnetometer Sensors," p. 3, 2015.
- [17] I. Laksana, "Rancang Bangun Prototype Magnetic Levitation Sebagai Kontrol Posisi Bola Besi Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Control," in *Buku Tugas Akhir*, Bandung, Universitas Telkom, S1 Teknik Elektro, 2016.
- [18] J. Yan, M. Ryan and J. Power, "Using Fuzzy Logic," *Prentice-Hall*, 1994.
- [19] G. Xiaoli, "NXP Community," NXP, 26 9 2012. [Online]. Available: <https://community.nxp.com/docs/DOC-1067>. [Accessed 18 9 2019].
- [20] "Prinsip Kerja Motor DC," *Elektronika Dasar*, 7 02 2019. [Online]. Available: <https://elektronika-dasar.web.id/prinsip-kerja-motor-dc/>. [Accessed 18 9 2019].
- [21] A. Hughes, "Electric Motor and Drivers," Burlington, Elsevier, 2006.
- [22] "ARDUINO MEGA 2560 REV3," [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>.
- [23] W. Schmidt, D. Raymond, D. Parish, I. G. C. Ashton, P. I. Miller, C. J. A. Compos and J. D. Shutler, "Design and operation of a low-cost and compact autonomous buoy sistem for use in coastal aquaculture and water quality monitoring," *Aquacultural Engineering*, p. 1, 2017.
- [24] D. Nadelkovski, "Arduino DC Motor Control Tutorial," [Online]. Available: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-dc-motor-control-tutorial-l298n-pwm-h-bridge/>. [Accessed 20 09 2019].
- [25] "UART GPS Module," Waveshare, [Online]. Available: <https://www.waveshare.com/uart-gps-neo-7m-c.htm>. [Accessed 20 09 2019].
- [26] D. Liani, A. Silvia and L. , "Sistem Navigasi pada Mobile Robot dengan Global Positioning System (GPS)," *ANNUAL RESEARCH SEMINAR 2016*, vol. 2, no. 1, p. 373, 2016.
- [27] R. Siegwart and I. R. Nourbakhsh, *Intoduction to Autnomous Mobile Robot*, London: The MIT Press, 2004, p. 31.
- [28] D. Marchewka and M. Piątek, *Wheeled mobile robot modeling aspects*, Krakow: AGH University of Science and Technology.

- [29] S. K. Malu and J. Majumdar, "Kinematics, Localization and Control of Differential Drive," *Global Journal of Researches in Engineering: H Robotics & Nano-Tech*, vol. 14, no. 1, p. 2, 2014.
- [30] E. Johnston, "Explanation of Latitude and Longitude," *Satellite Signals*, 2005. [Online]. Available: http://www.satsig.net/lat_long.htm. [Accessed 27 September 2017].
- [31] W. Schmidt, D. Raymond, D. Parish, I. G. C. Ashton, P. I. Miller, C. J. A. Compos and J. D. Shutler, "Design and operation of a low-cost and compact autonomous buoy sistem for use in coastal aquaculture and water quality monitoring," *Aquacultural Engineering*, p. 1, 2017.
- [32] H. M. Himawan, O. Setyawati and H. Suyono, "Pemodelan Fuzzy Logic Control untuk Pengendali PWM," *JNETI*, vol. 5, no. 1, p. 2, 2016.
- [33] R. G. Hasibuan, "Rancang Bangun Kendali Kecepatan Berdasarkan Jarak Pada Mobile Robot Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 2, no. 2, p. 1973, 2015.
- [34] J.-S. R. Jang, C.-T. Sun and E. Mizutani, "Neuro-Fuzzy and Soft Computing," in *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Upper Saddle River, Prentice-Hall, 1997, p. 82.
- [35] Honeywell, "3-Axis Digital Compass IC," Honeywell International Inc., Plymouth, 2013.
- [36] R. Andrianto, "PERANCANGAN SISTEM KENDALI POSISI WAHANA AIR TANPA AWAK MENGGUNAKAN METODE PID," in *Buku Tugas Akhir*, Bandung, Universitas Telkom, S1 Teknik Elektro, 2017, p. 37.