

# ROBOT BERODA OTOMATIS DENGAN SISTEM NAVIGASI KOORDINAT GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) DENGAN MENGGUNAKAN KONTROL FUZZY LOGIC

## *Autonomous Wheeled Robot with Global Positioning System (GPS) Coordinate Navigation System with Fuzzy Logic Control*

Dodhy Fernando Ginting<sup>1</sup>, Erwin Susanto<sup>2</sup>, Ramdhan Nugraha<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro,  
Universitas Telkom

<sup>1</sup>[dodhyfginting@gmail.com](mailto:dodhyfginting@gmail.com), <sup>2</sup>[erwinelektro@telkomuniversity.ac.id](mailto:erwinelektro@telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup>[ramdhan@telkomuniversity.co.id](mailto:ramdhan@telkomuniversity.co.id)

### Abstrak

*Wheeled Robot* merupakan suatu jenis mekanis robot yang menggunakan roda untuk menjadi actuator robot tersebut untuk melakukan perpindahan tempat dari suatu posisi ke posisi lain. Posisi ini dapat berubah atau tidak tergantung lintasan dari robot tersebut, jika lintasan robot tersebut berupa lintasan garis yang tidak memiliki ujung atau melingkar maka titik awal dan akhir pergerakan robot tersebut dapat sama dalam suatu satuan waktu tetapi robot itu tetap dikatakan bergerak karena adanya perpindahan fisik Wheel Robot tersebut dalam satuan waktu.

Koordinat *GPS (Global Positioning System)* dapat digunakan sebagai bentuk nyata dari titik awal dan akhir pergerakan tersebut, ini menjadi penting agar pergerakan dari robot tersebut dapat dikalkulasikan dan dinyatakan dalam bentuk konkrit dan real dan tidak dapat dipertanggungjawabkan secara pasti kapan pun dan dimanapun mengingat GPS merupakan suatu penemuan manusia yang dapat memetakan semua titik tempat di permukaan bumi yang dinyatakan dalam bentuk angka dan dengan titik acuan yang jelas sehingga kita dapat dengan mudah menggunakan koordinat GPS untuk mengidentifikasi segala tempat di muka bumi ini bahkan di laut sekalipun. Koordinat GPS dinyatakan dalam angka *Latitude* dan *Longitude*.

*Fuzzy logic* merupakan metode kontrol yang dapat mengkonversi banyak inputan dari lingkungan sekitar dan menghasilkan satu input yang disesuaikan keadaan pada saat itu. Metode ini dinilai cocok karena banyak titik acuan yang akan di tanggap oleh arduino dengan segala perlengkapan robot termasuk sensor untuk menentukan arah, kecepatan, dan aksi yang akan dilakukan robot tersebut untuk mencapai target titik koordinat akhir GPS yang diinginkan manusia sebagai user.

**Kata Kunci :** *Wheel Robot, Autonomous, koordinat GPS, Arduino, Fuzzy Logic*

### Abstract

*Wheeled Robot* is a kind of mechanical robot that uses wheels to be a robot actuator to perform the migration from a position to another. This position may change or swordfish depending on the trajectory of the robot, if the trajectory of the robot proficiency level in the form of the track line that does not have a tip or circular then the starting point and end the movement of the robot can operate in a unit of time but the robot still said to be moving because of their physical transfer Wheel the robot in a unit time.

Coordinates of *GPS (Global Positioning System)* can be used as a real form of the starting point and end of the movement, it becomes important for the movement of the robot can be calculated and expressed in the form of a concrete and real and can not be accounted for sure whenever and wherever considering the GPS is a human invention that can map all the points places on the earth's surface in the state in the form of numbers and the obvious reference point so that we can mudah use GPS coordinates to identify any place on earth at sea even though. GPS coordinates are expressed in numbers *Latitude* and *Longitude*.

*Fuzzy logic* is a control method that can convert a lot of input from the surrounding environment and generate a customized input circumstances at the time. This method was considered suitable for many points of reference which will respond by arduino with all equipment including sensors for robot determines the direction, speed, and what action to take the robot to reach the target point desired GPS koordinat end of man as a user.

**Keywords :** *Robot Humanoid, Sensor Accelerometer, Feedback, Raspberry Pi 2, Servo, Aktuator*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan robotik dewasa ini sangat pesat dengan kegunaan yang penting dalam berbagai bidang seperti industri, eksplorasi, *delivering* dll. Robot sudah banyak menggantikan manusia dalam banyak kegunaan yang memerlukan ketepatan dan efisiensi atau dalam pekerjaan beresiko tinggi untuk mengurangi kemungkinan kerugian pada manusia. Robot beroda merupakan salah satu jenis robot yang banyak mengalami perkembangan dalam hal teknologi, kegunaan, bahkan desain mekaniknya. Robot humanoid adalah robot yang badannya dibentuk menyerupai manusia, pada umumnya robot humanoid memiliki tubuh dengan kepala, dua tangan, dan dua kaki. Masalah yang harus diatasi pada robot humanoid ini adalah masalah pada keseimbangannya, seperti manusia, robot juga terpengaruh oleh gaya gravitasi yang mempengaruhi keseimbangannya.

Pergerakan robot tentunya butuh suatu titik acuan awal dan akhir sebagai titik mula dan titik target dimana robot itu akan berhenti. GPS memungkinkan suatu device termasuk sebuah robot untuk mendefinisikan suatu tempat, jika kita menggunakan GPS untuk mendefinisikan titik awal dan akhir dari pergerakan yang kita inginkan maka kita dapat mengontrol robot kemana pun kita mau di permukaan dunia ini meskipun dengan jarak yang jauh sekalipun selama daya catu daya robot mencukupi.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah robot yang dapat bergerak kemanapun kita sebagai manusia pengguna mau di daratan bumi. Manusia sebagai user hanya perlu memberikan koordinat tempat tujuan ke robot maka robot itu akan bergerak otomatis tanpa kontrol manusia langsung ke tempat yang menjadi titik koordinat target tersebut via darat. Jika kita mempunyai robot seperti itu maka akan sangat berguna bagi masyarakat untuk berbagai kegunaan seperti robot eksplorasi, evakuasi, robot pencari, robot pengantar barang dan lain lain

### 1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang dibahas dapat ditulis sebagai berikut::

1. Bagaimana mengaplikasikan kontrol Logika Fuzzy pada system targetting maupun mobilisasi pergerakan Robot
2. Bagaimana merancang suatu sistem algoritma agar sistem navigasi dengan koordinat GPS dapat dirancang dengan sistem Logika Fuzzy
3. Bagaimana perancangan Mekanik dari robot tersebut sehingga dapat bergerak dan berpindah tempat di luar ruangan tanpa kesulitan yang berlebihan
4. Bagaimana menggunakan dan memprogram modul GPS yang digunakan (u-Blox Neo 6M GPS Module) agar menghasilkan koordinat yang tepat, presisi dan memiliki akurasi sesuai kebutuhan dan mengkoordinasikannya dengan sensor kompass
5. Bagaimana perancangan metode control sehingga robot dapat menghindari rintangan sedemikian rupa yang ada pada lintasannya
6. Bagaimana mengontrol robot sehingga dapat bergerak otomatis dan dapat berhenti sedekat mungkin dengan titik koordinat target yang diinginkan
7. Bagaimana mengkoordinasikan sensor ultrasonic sehingga robot tidak mengalami *crash* saat berjalan di medan luar ruangan

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan dan pembuatan tugas akhir ini adalah untuk membuktikan bagaimana implementasi penggunaan logika fuzzy dalam navigasi menggunakan GPS yang nantinya dapat menghasilkan sebuah Robot yang robot yang dapat memungkinkan manusia sebagai user untuk menjangkau suatu tempat dengan sangat mudah yaitu dengan hanya memasukkan titik koordinat tujuan tanpa harus mengendalikannya secara manual karena robot tersebut akan bergerak secara autonomous dengan kontrol logika Fuzzy.

### 1.4 Batasan Masalah

Merujuk pada batasan masalah yang ada diatas maka perlu dilakukan pembatasan masalah agar pembahasan yang ditujukan menjadi jelas. Adapun batasan masalah yang diajukan pada tugas akhir ini yaitu sebagai berikut: Robot menggunakan Raspberry Pi 2 sebagai pengendali untuk membaca sensor, melakukan proses Fuzzy Logic, dan mengendalikan servo.

1. Pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan Kontrol Logika Fuzzy
2. Prototype robot yang dibuat adalah robot berdimensi tidak besar yang menggunakan 2 roda independent
3. Robot diuji pada lintasan permukaan yang rata dan kering
4. Tidak adanya halangan yang kompleks pada permukaan dimana robot berjalan
5. Fungsi menghindar pada robot hanya fitur tambahan dan tidak terlalu diperhatikan pada analisis

6. Mikrokontroller yang digunakan adalah Arduino Due
7. Jarak yang ditempuh antara titik koordinat awal dan titik koordinat target tidak lebih dari 500 meter
8. Sensor GPS yang digunakan memiliki keterbatasan mengenai akurasi dan presisi

### 1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah.

1. Studi Literatur Digunakan untuk mengetahui teori-teori dasar dan sebagai sarana pendukung dalam menganalisis permasalahan dalam penelitian ini. Adapun sumbernya antarlain buku referensi, jurnal ilmiah, internet dan diskusi.
2. Analisis Masalah Digunakan untuk menganalisis semua permasalahan berdasarkan sumber-sumber dan pengamatan terhadap permasalahan yang telah dikemukakan dalam batasan masalah.
3. Perancangan Melakukan perancangan pada beberapa bagian dari keseluruhan sistem yang akan dibuat.
4. Simulasi Alat Melakukan simulasi alat untuk melihat performansi dari alat yang telah di desain dan dirancang sebelumnya.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir terdiri dari lima bab, yaitu:

1. Bab Pendahuluan  
Bab pertama ini akan membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.
2. Bab Landasan Teori  
Pada bab ini akan membahas mengenai berbagai teori dasar yang berhubungan dengan tugas akhir ini.
3. Bab Perancangan dan Implementasi  
Pada bab ini akan menjelaskan mengenai perancangan umum keseluruhan sistem alat.
4. Bab Pengujian dan Analisis  
Pada bab ini akan menjelaskan pengujian alat yang dibuat dan hasil analisis apa yang didapat dari pengujian tersebut.
5. Bab Kesimpulan dan Saran  
Pada bab terakhir ini berisi tentang kesimpulan dan saran mengenai permasalahan yang telah didapat dari hasil pembuatan dan pengujian alat yang dibuat.

### 2. Dasar Teori

#### 2.1 Robot Humanoid

Robot Beroda semakin sering digunakan di industri dan robotika fungsional lainnya, terutama karena kemampuan pergerakannya sangat fleksibel dan sangat cocok digunakan dalam penggunaan di permukaan [1]. Beberapa konfigurasi mobilitas ( jumlah roda dan jenis roda, lokasi dan aktuasi, single atau struktur multybody Robot ) dapat ditemukan dalam berbagai aplikasi[2].

jenis robot beroda yang paling umum adalah diferensial drive dan Sinkronisasi drive (yang merupakan robot dengan pergerakan unicycle) , roda tiga dan empat roda (car drive maupun omnidirectional drive) dan juga merupakan struktur yang paling sering dianalisa dalam mendesain mekanik robot beroda [3]

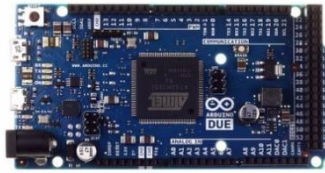
actuatoer yang paling umum digunakan dalam merancang suatu Robot Beroda adalah Motor DC. Motor DC digunakan dalam rangka yang memerlukan kepresisian yang tinggi untuk pengaturan kecepatan, pada torsi yang konstan. Semua motor DC beroperasi atas dasar arus yang melewati konduktor yang berbeda dalam magnet [4]



Gambar 2.1 Wheeled Robot

#### 2.2 Arduino Due [15]

Arduino Due yang dirilis tahun 2012 dengan CPU 32-bit ARM Cortex-M3 sama sekali berbedadari Arduino Duemilanove dengan MCU 8-bit ATmega168 yang dirilis tahun 2009. Miskonsepsi yang sering terjadi karena "Due" disalah-artikan sebagai singkatan dari Duemilanove. Due adalah advancedboardbaru dengan kemampuan jauh di atas varian Arduino lainnya,



Gambar 2.2 Arduino DUE

### 2.3 NEO-6 u-blox 6 GPS Module

Modul berukuran ringkas ini (25x35mm untuk modul, 25x25mm untuk antena) berfungsi sebagai penerima GPS (Global Positioning System Receiver) yang dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memroses sinyal dari satelit navigasi. Aplikasi dari modul ini meliputi sistem navigasi, sistem keamanan terhadap kemalingan pada kendaraan / perangkat bergerak, akuisisi data pada sistem pemetaan medan, penjejak lokasi / location tracking, dsb. Aplikasi sensor accelerometer pada penelitian ini adalah untuk mencari kemiringan robot sebagai input untuk diproses menggunakan metode Fuzzy Logic untuk menyeimbangkan robot.

Modul ini kompatibel dengan APM2 dan APM2.5 dengan EEPROM terpadu yang dapat digunakan untuk menyimpan data konfigurasi. Antarmuka menggunakan serial TTL (RX/TX) yang dapat diakses dari mikrokontroler yang memiliki fungsi UART atau emulasi serial TTL (pada Arduino dapat menggunakan pustaka komunikasi serial / serial communication library yang sudah tersedia dalam paket Arduino IDE). Baud rate diset secara default di 9600 bps.



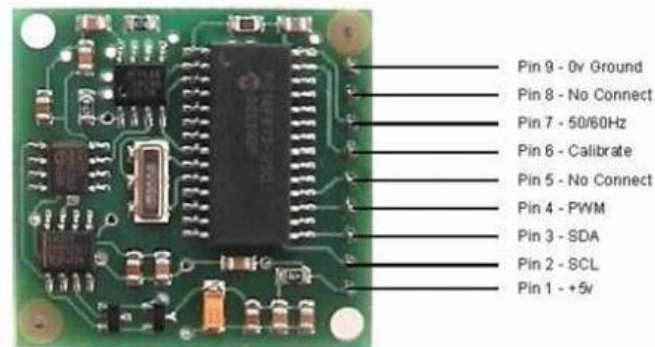
Gambar 2.3 NEO-6 u-blox 6 GPS Module

<http://g01.a.alicdn.com/kf/HTB1mJSmHpXXXXb5XFXXq6xXFXXh/120336020/HTB1mJSmHpXXXXb5XFXXq6xXFXXh.jpg>

### 2.4 Sensor Kompas HMC5883L [17]

Kompas Elektronik CMPS-03 buatan Devantech Ltd ini menggunakan sensor medan magnet Philips KMZ51 yang cukup sensitif untuk mendeteksi medan magnet bumi. Modul ini bekerja dengan mendeteksi magnetik bumi. Data yang dihasilkan dari kompas elektronik ini berupa data biner. Sebagai contoh jika modul menghadap utara maka data yang dihasilkan adalah data 00H, dan arah selatan data keluarannya adalah 7FH.

Koneksi dari modul ke mikrokontroler dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan menggunakan data PWM (Pulse Width Modulation), atau dengan I2C (Inter Integrated Circuit). Jika menggunakan interface PWM, pulsa keluaran memiliki rentang 1mS untuk 0° atau arah utara sampai dengan 36.99 mS untuk 359.90°. Cara yang kedua menggunakan I2C, metode ini dapat digunakan langsung sehingga data yang dibaca tepat 0° – 360° sama dengan 0 – 255.



Gambar 2. 4 Compass Sensor CMPS03

<https://fahmizaleeits.wordpress.com/2010/10/30/sensor-kompas-elektronik-cmps-03/kompas-elektronik/>

## 2.5 Fuzzy Logic

*Fuzzy logic* merupakan logika bernilai banyak, dengan asumsi jawaban yang didapat tidak hanya ‘iya’ atau ‘tidak’ melainkan terdapat jawaban tidak pasti seperti ‘sedang’, ‘cukup’ atau bahkan ‘sangat’. Hal ini didasari oleh hasil yang diperoleh tidak hanya bernilai 1 atau 0 namun bermacam-macam<sup>[4]</sup>.

Metode ini digunakan untuk menghasilkan nilai posisi servo dari input sensor.

## 3. Pembahasan

### 3.1 Gambaran Umum Rancangan Sistem

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan implementasi dari sistem kerja robot yang berusaha seimbang pada saat berjalan.

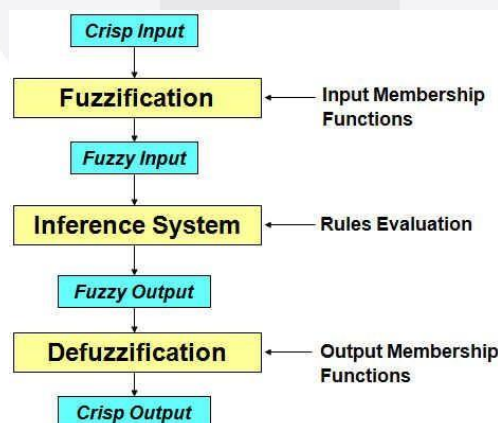
Pada terdapat dua tombol, tombol pertama yaitu untuk mengaktifkan Raspberry Pi 2 dan tombol kedua untuk mengaktifkan servo. Saat kedua tombol “ON”, robot akan ke posisi siap jalan dan kemudian langsung berjalan sambil menyeimbangkan tubuhnya.

Raspberry Pi 2 berfungsi untuk menerima data dari sensor melalui komunikasi I<sup>2</sup>C dan mengirim data ke servo melalui komunikasi serial untuk melakukan gerakan jalan dan keseimbangan.

### 3.2 Perancangan *Fuzzy Logic*

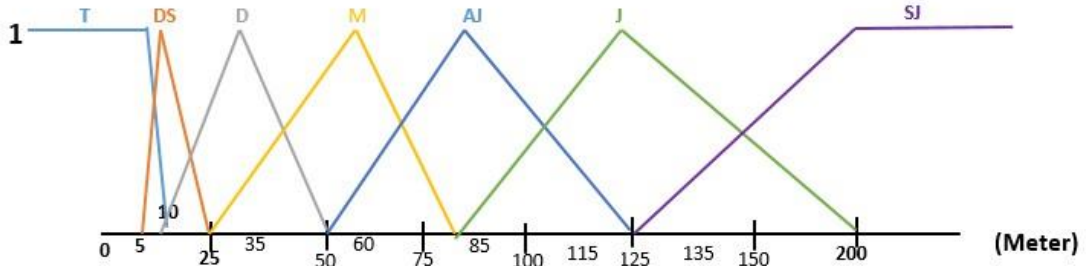
Metode yang digunakan pada robot ini adalah metode fuzzy logic, pada sistem ini sensor accelerometer berfungsi sebagai masukan berupa nilai x dan y yang kemudian akan diolah menggunakan metode fuzzy logic untuk menghasilkan kedua nilai PWM motor dc dari 0 - 255

Pada perancangan logika fuzzy ini, yang pertama kali dilakukan adalah membuat diagram alir terlebih dahulu setelah itu program dibuat sesuai dengan diagram alir tersebut. Diagram alir dapat dilihat pada gambar berikut.



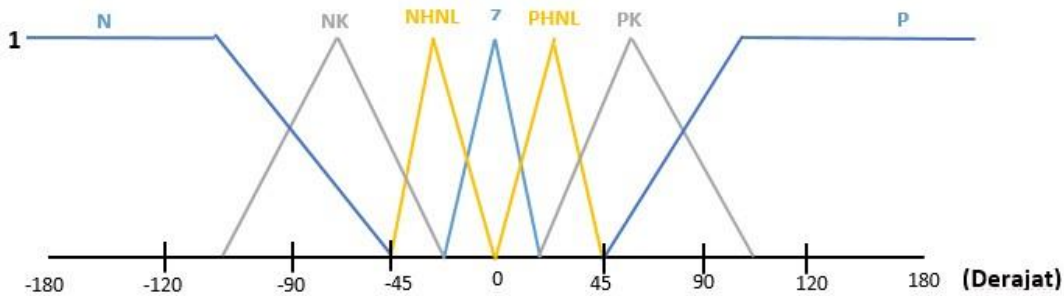
Gambar 3.1. Diagram Alir *Fuzzy Logic*

Untuk sistem yang dibuat, terdapat dua masukan yaitu jarak dan selisih bearing. Untuk jarak memiliki tujuh linguistic yaitu : TEPAT, DEKAT SEKALI, DEKAT, MEDIUM, AGAK JAUH, JAUH, SANGAT JAUH, dengan fungsi keanggotaan segitiga sebagai berikut :



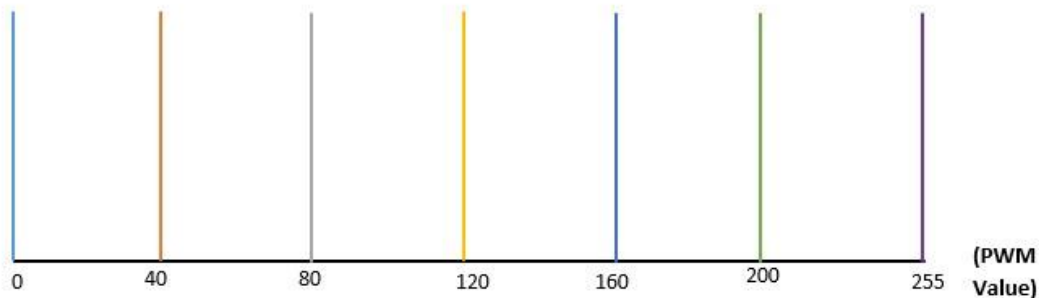
Gambar 3.2 Grafik linguistic input jarak

Dan selisih Bearing sendiri memiliki tujuh linguistic juga yaitu: NEGATIF, NEGATIF KECIL, NEGATIF HAMPPIR NOL, ZERO, POSITIF HAMPPIR NOL, POSITIF KECIL, POSITIF, dengan fungsi keanggotaan segitiga sebagai berikut :



Gambar 3.3 Grafik linguistic input error sudut

Keluaran pada sistem yang dirancang ada dua, yaitu besarnya PWM pada motor DC kanan dan kiri, masing-masing keluaran memiliki tujuh nilai *linguistic* yaitu : STOP, LAMBAT, MEDIUM LAMBAT, MEDIUM, AGAK CEPAT, CEPAT, SANGAT CEPAT, dengan gambar fungsi keanggotaan sebagai berikut :



Gambar 3.4 Grafik linguistic output PWM motor

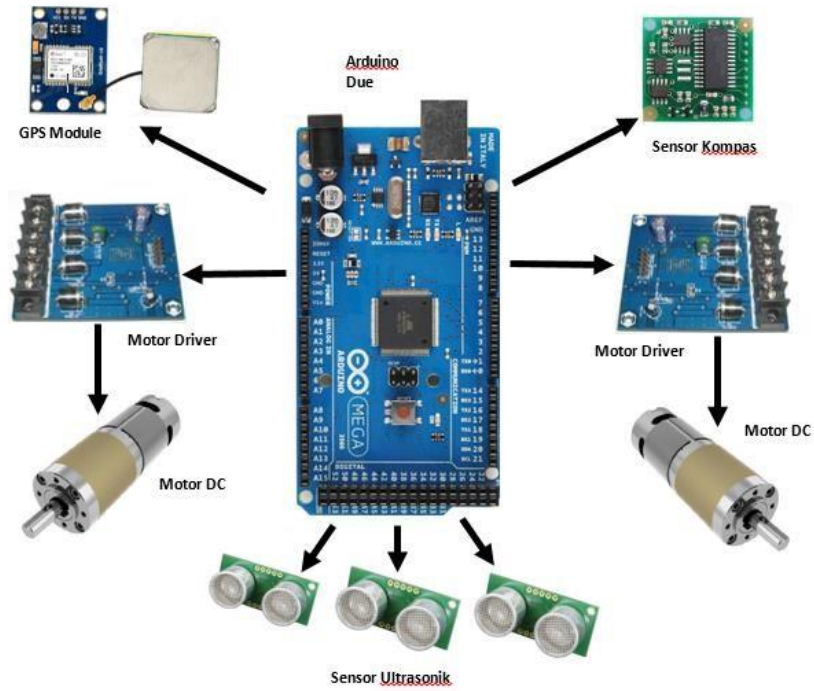
Pada rules evaluation terjadi pengolahan data input Fuzzyfikasi dengan hasil keluaran yang dikehendaki dengan aturan-aturan tertentu. Adapun Rules yang dibuat pada sistem ini dapat dilihat pada Tabel dibawah:

SUDUT JARAK	Negatif	Negatif Kecil	Negatif Hampir Nol	Zero	Negatif Hampir Nol	Positif Kecil	Positif
Tepat	STOP	STOP	STOP	STOP	MEDIUM LAMBAT	MEDIUM LAMBAT	MEDIUM
	MEDIUM	MEDIUM LAMBAT	MEDIUM LAMBAT	STOP	STOP	STOP	STOP
Dekat Sekali	LAMBAT	LAMBAT	STOP	LAMBAT	MEDIUM	AGAK CEPAT	CEPAT
	CEPAT	AGAK CEPAT	MEDIUM	LAMBAT	STOP	LAMBAT	LAMBAT
Dekat	LAMBAT	LAMBAT	LAMBAT	MEDIUM LAMBAT	AGAK CEPAT	CEPAT	SANGAT CEPAT
	SANGAT CEPAT	CEPAT	AGAK CEPAT	MEDIUM LAMBAT	LAMBAT	LAMBAT	LAMBAT
Medium	LAMBAT	LAMBAT	LAMBAT	MEDIUM	CEPAT	CEPAT	SANGAT CEPAT
	SANGAT CEPAT	CEPAT	CEPAT	MEDIUM	LAMBAT	LAMBAT	LAMBAT
Agak Jauh	LAMBAT	LAMBAT	MEDIUM LAMBAT	AGAK CEPAT	AGAK CEPAT	CEPAT	SANGAT CEPAT
	SANGAT CEPAT	CEPAT	AGAK CEPAT	AGAK CEPAT	MEDIUM LAMBAT	LAMBAT	LAMBAT
Jauh	LAMBAT	LAMBAT	MEDIUM	CEPAT	AGAK CEPAT	CEPAT	SANGAT CEPAT
	SANGAT CEPAT	CEPAT	AGAK CEPAT	CEPAT	MEDIUM	LAMBAT	LAMBAT
Sangat Jauh	LAMBAT	LAMBAT	MEDIUM LAMBAT	SANGAT CEPAT	AGAK CEPAT	CEPAT	SANGAT CEPAT
	SANGAT CEPAT	CEPAT	AGAK CEPAT	SANGAT CEPAT	MEDIUM LAMBAT	LAMBAT	LAMBAT

Tabel 3.1 Tabel Rule Fuzzy logic

### 3.3 Perancangan Program Hardware

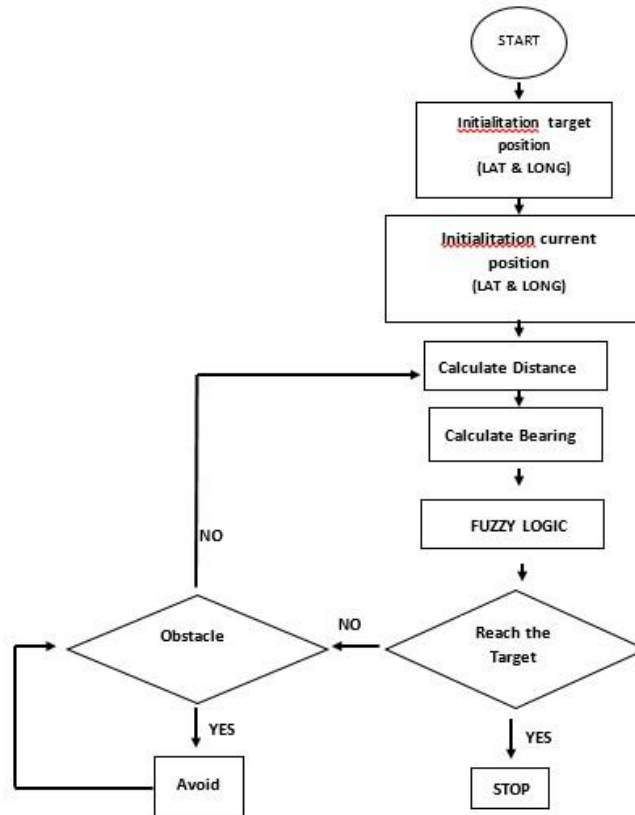
Hardware yang digunakan pada robot ini yaitu Arduino Due sebagai otak sistem. Arduino due akan mengolah data serial yang didapat dari modul GPS U-blox Neo 6M sehingga menghasilkan data titik latitude dan longitude. Terdapat juga sensor kompas CMPS03 yang berfungsi untuk membaca arah heading robot menurut mata angin dimana utara merujuk pada  $0^{\circ}$ , timur pada  $90^{\circ}$ , selatan pada  $180^{\circ}$ , dan barat pada titik  $270^{\circ}$ . Setelah data jarak dan error sudut didapat maka akan diolah oleh fuzzy logic untuk menghasilkan PWM motor kiri dan kanan. Pada motor kiri dan kanan terdapat driver motor EMS H-Bridge 5A sebagai konversi sinyal PWM yang dihasilkan Arduino Due menjadi tegangan daro 0 – 24 Volt untuk menggerakkan Motor DC sesuai besaran PWM keluaran fuzzy logic.terdapat juga 3 buah sensor ultrasonic HC-SRF05 sebagai pendeteksi benda yang berada di depan robot dengan tujuan supaya robot tidak menabrak benda didepan sehingga perjalanan robot tidak terganggu. Blok Diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.5 Sistem Hardware Robot

### 3.1 Perancangan Sistem Navigasi

Sistem navigasi yang ditanamkan pada robot dengan kontrol fuzzy logic dapat di lihat pada flowchart berikut.



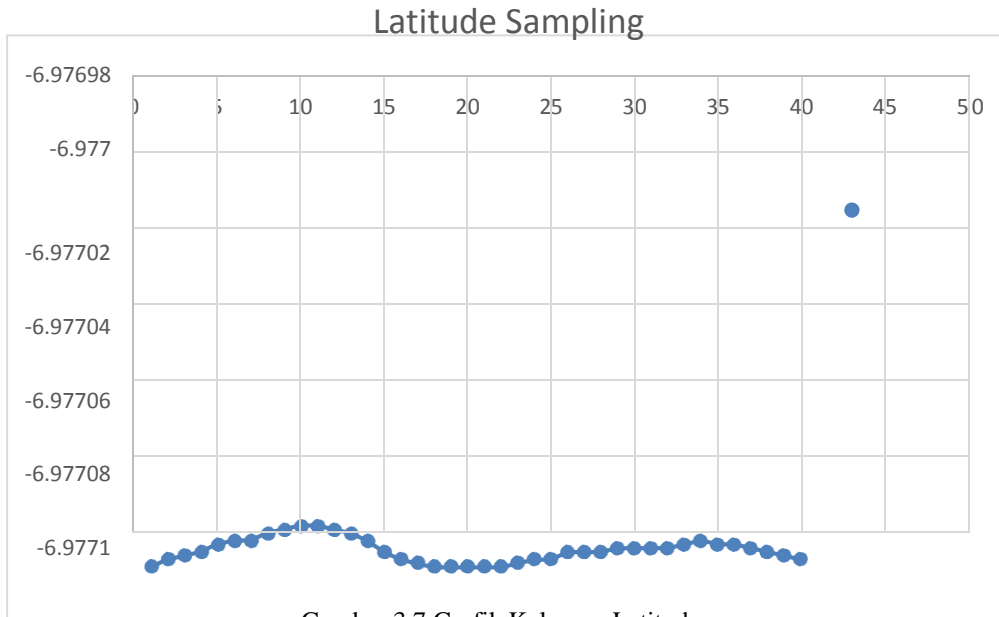
Gambar 3.6 Flowchat Navigasi robot



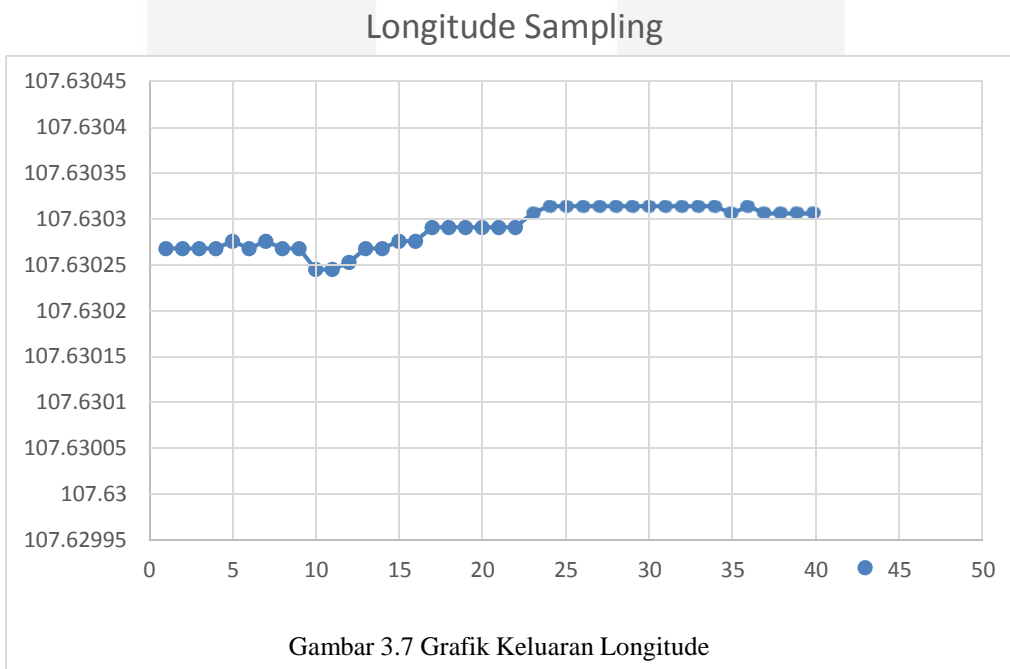
Pada gambar flowchart dapat dilihat bahwa robot terlebih dahulu akan menginisialisasi posisi awal pada robot berada dengan menghitung koordinat latitude dan longitude, selanjutnya robot akan menginisialisasi koordinat tujuan. Dengan data 2 titik koordinat ini akan dihitung jarak dan error sudut yang akan diolah oleh fuzzy logic menghasilkan PWM actuator. Jika ada halangan maka robot akan menghindari lalu mengulang program fuzzy logic kembali sampai pada jarak terdekat robot mendekati titik tujuan maka robot pun akan berhenti bergerak.

**4. Pengujian dan Analisis**

Pada subab ini akan ditampilkan hasil data pengujian robot. Pada data data yang dihasilkan maka akan dilihat grafik sebagai berikut :



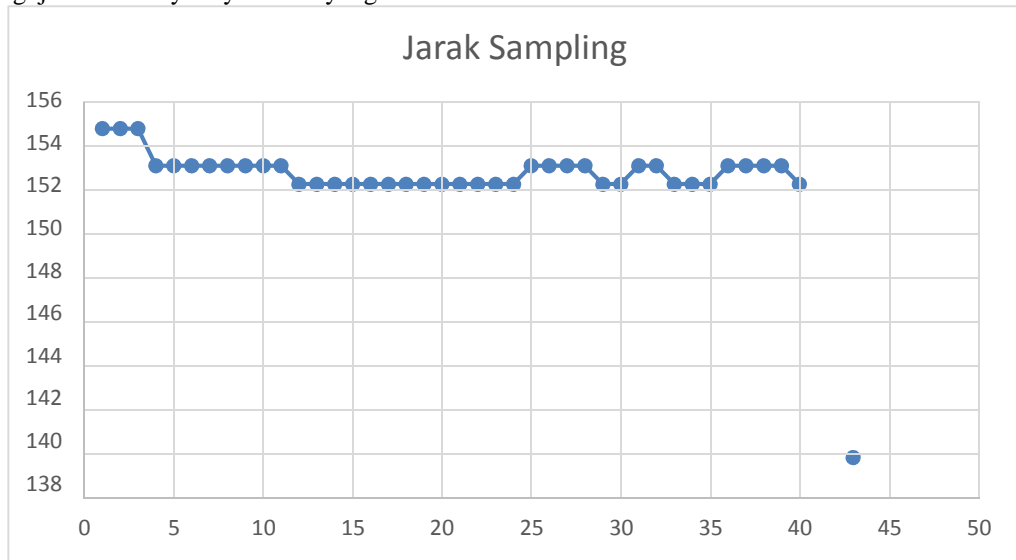
Gambar 3.7 Grafik Keluaran Latitude



Gambar 3.7 Grafik Keluaran Longitude

Pada grafik diatas maka disimpulkan bahwa nilai koordinat robot berubah setiap waktu dengan nilai yang berdekatan meskipun robot diam pada titik yang sama, ini dikarenakan keterbatasan sensor GPS yang

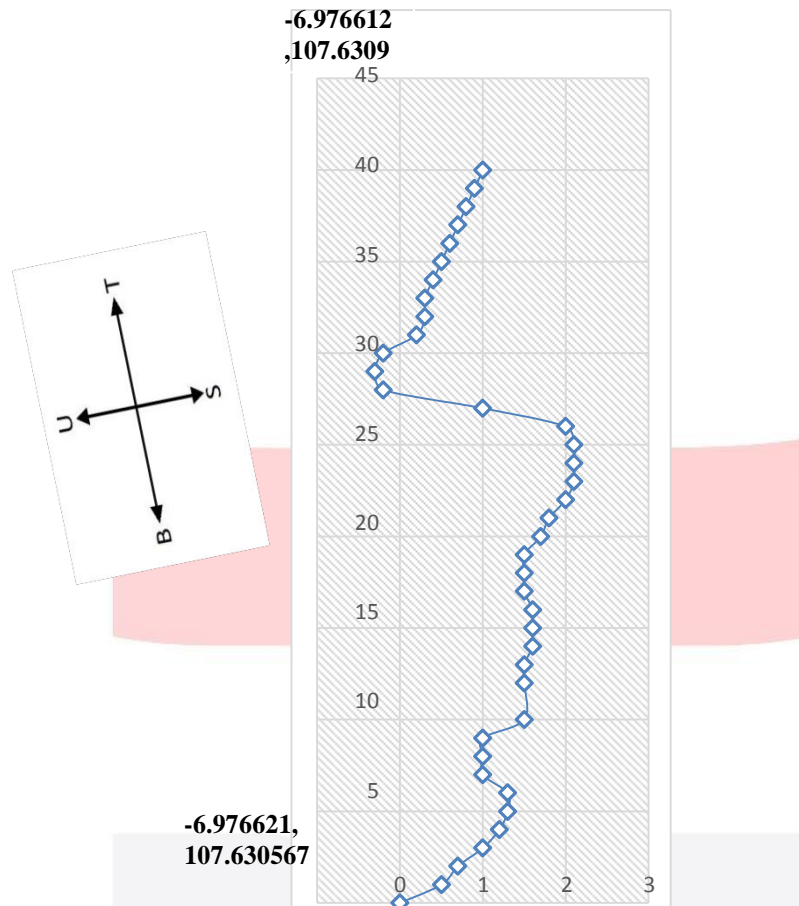
digunakan yang memiliki keterbatasan akurasi dan kepresisian. Factor lain yang mempengaruhi adalah cuaca pada hari pengujian dan banyaknya satelit yang ada diatas robot.



Gambar 3.7 Grafik Keluaran nilai jarak

Grafik diatas merupakan perubahan jarak yang didapat selama 40 detik sampling. Terlihat bahwa data jarak berubah setiap waktu. Ini dikarenakan data Latitude dan Longitude yang digunakan untuk menghitung jarak tersebut selalu berubah. Namun perubahan jarak tersebut berputar dengan jarak berdekatan sehingga tidak terlalu mempengaruhi eksekusi rule fuzzy logic sehingga keluaran kontrol cenderung stabil jika robot sedang berada dalam keadaan diam.





Pada Gambar diatas digambarkan grafik yang didapat atas pengukuran yang dilakukan sepanjang garis lurus imajiner antara 2 koordinat. Pada gambar diatas digambarkan bahwa robot cenderung bergerak disisi kanan jalur imajiner, ini dikarenakan adanya error perhitungan sudut azimuth yang didapatkan di saat perubahan koordinat yang didapat selama robot bergerak. Sempat terjadi jamming pada robot yang dapat dilihat bahwa robot bergerak secara cepat kearah kiri lalu kembali kekanan lagi secara perlahan, hal itu juga terjadi karena perhitungan sudut azimuth yang kurang akurat sehingga error sudut yang didapat mengarahkan robot ke arah utara secara kuat. Robot berhenti melakukan aksi tidak tepat di titik koordinat tujuan dengan error 2 meter dari titik yang diinginkan, hal ini dikarenakan keterbatasan modul GPS yang memiliki tingkat akurasi yang terbatas yaitu kurang lebih 5 meter

## 5. Kesimpulan

Pada perkembangan selanjutnya untuk optimasi sistem robot Navigasi, dan untuk penyempurnaan kinerja dari sistem secara keseluruhan, dapat dilakukan dengan cara :

1. akan lebih baik jika Sensor GPS yang digunakan adalah sensor yang lebih baik dari segi kapabilitas dan akurasi sehingga nilai koordinat yang diperoleh merupakan nilai yang lebih akurat dan presisi dan dapat diperoleh dengan lebih cepat
2. Pada sistem mekanik robot sebaiknya dilengkapi dengan sistem shock breaker sehingga dapat bekerja pada jalanan berbatu tanpa mengguncang sistem elektronika terlalu bergetar.
3. Jika fitur obstacle avoidance diperlukan, sebaiknya sensor yang digunakan adalah sensor yang dapat bekerja di luar ruangan dengan baik dan dapat mensampling nilai jarak benda di sekitar robot disetiap sudut dengan cepat sehingga menghindari benda apapun yang menghalangi kerja robot dapat dilakuka dengan baik

**Daftar Pustaka:**

- [1] Schraft R D, Schmierer G 1998 Serviceroboter. Springer, Berlin
- [2] Jones J L, Flynn AM 1993 Mobile Robots: Inspiration to Implementation. AK Peters, Wellesley, MA
- [3] Alexander J C, Maddocks J H 1989 On the kinematics of wheeled mobile robots. International Journal of Robotics Research 8(5):15–27
- [4] Purwo, Setyo Aji, Perancangan Dan Sistem Pergerakan Robot Berkaki AV-COM Berbasis Arduino Mega 128, hal 10 2011
- [5] J. Defever B. Francis and T. Geerinck, "Mobile Robots with Shared Autonomy", Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium, 2004
- [6] [http://www.me.chalmers.se/~mwahde/courses/aa/2012/Wahde\\_IntroductionToAutonomousRobots](http://www.me.chalmers.se/~mwahde/courses/aa/2012/Wahde_IntroductionToAutonomousRobots) (diakses pada 10/11/2015 pukul 17:32)
- [7] J. Borenstein and L. Feng, "UMBmark —A Method for Measuring, Comparing, and Correcting Dead-reckoning Errors in Mobile Robots", The University of Michigan, Technical Report UM-MEAM-94-22, December 1994.
- [8] <http://garmin.id/2013/07/koordinat-gps/> (diakses pada tanggal 10/11/2015 pukul 15:11)
- [9] O. Khatlib, "Real-Time Obstacle Avoidance for Manipulators and Mobile Robots.", IEEE Int. Conf. On Robotics and Automation, 500-505 (1985).
- [10] Priyono, Agung. 2014. Perancangan dan Implementasi One Steered Traction Wheel Robot dengan Circular Line Sensor Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy. Bandung : Telkom University Rockme. (2015).
- [11] Suyanto. 2007. Artificial Intelligence. Bandung : informatika Bandung.
- [12] Saffiotti, A. (1997). The uses of fuzzy logic in autonomous robot navigation. *Soft Computing, Vol.1, No.4, pp.180-197, ISSN 1433-7479.*
- [13] G. Klir, B. Yuan, Fuzzy Sets and Logic: Theory and Applications, Prentice Hall PTR, 1995.
- [14] M. Meng and A.C. Kak, "NEURO-NAV: a neural network based architecture for vision-guided mobile robot navigation using non-metrical models of the environment," in Robotics and Automation, 1993. Proceedings., 1993 IEEE International Conference on , 1993, pp. 750-757.
- [15] Datasheet Arduino Due
- [16] Datasheet NEO-6 u-blox 6 GPS Module