

## RANCANG BANGUN KESTABILAN POSISI SISTEM KENDALI MANUAL ROBOT KAPAL SELAM MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC*

Devha P Sinaga<sup>1</sup>, Erwin Susanto, Ph.D.<sup>2</sup>, Ramdhan Nugraha, SPd, MT.<sup>3</sup>

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

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

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

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

### Abstrak

Laut merupakan salah satu sarana akomodasi yang berkembang, baik dari segi ekonomi maupun dari segi militer. Kapal selam merupakan salah satu sarana akomodasi laut yang dapat bergerak di kedalaman laut. Kapal selam lebih banyak digunakan oleh militer yaitu digunakan untuk melakukan pengintaian atau digunakan perang dalam menjaga kedaulatan pulau atau laut dalam suatu negara, adapun fungsi lain dari kapal selam digunakan untuk pemantauan ekosistem bawah laut yang dapat mengembangkan ekonomi kelautan. Seiring dengan perkembangan zaman baik dari segi pengetahuan dan teknologi, kapal selam masih banyak diteliti agar dapat beroperasi lebih baik lagi.

Pada tugas akhir ini akan dibuat sebuah kapal selam tanpa awak yang sering disebut dengan AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*) yang dapat digerakkan naik turun menggunakan laptop yang dihubungkan dengan *Arduino Uno*. Titik berat pada penelitian ini berada pada algoritma kontrolnya. Sensor yang digunakan menggunakan sensor *MPU 6050* yang dapat mengukur gerakan kapal selam tersebut. Metoda control yang digunakan dalam system ini adalah *fuzzy logic*, *fuzzy logic* digunakan untuk mengontrol baling-baling kapal selam agar kapal selam tersebut dapat mempertahankan posisinya.

Diharapkan dari penelitian ini didapat sebuah simulator kapal selam yang dapat mengatur posisi kapal selam tersebut dengan algoritma yang diberikan.

**Kata kunci :** *fuzzy logic*, sensor *MPU6050*, *arduino uno*.

### Abstract

Sea is the one of the accommodation that will thrive in both of economics and military terms. Submarine is one way sea accommodation that can move in sea depth. Submarine more uses in military for snooping or in war to safeguard the sovereignty both of island and in a state, while the other function of the Submarine use for monitoring the underwater ecosystem that will developing the marine economy. Along with this times in terms both of knowledge and technology, the Submarine still in research in order for better result.

In this final project will be created an unmanned submarine or often called as AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*). This AUV can be moved up and down by using laptop which connected to *Arduino Uno*. Focus of this topic placed to control algorithm, and *MPU 6050* is used as the sensor that can be measured AUV movement. Control method in this project is *Fuzzy logic*. *Fuzzy logic* is used to control the propeller AUV that can maintain the position.

Expected from this project obtained AUV simulator as the result which can adjust AUV position with the given algorithm.

**Keywords:** *fuzzy logic*, *MPU 6050* sensor, *arduino uno*.

### 1. Pendahuluan

Saat ini perkembangan teknologi telah berkembang dengan sangat cepat dengan ditemukannya alat-alat digital dengan kemampuan yang sangat canggih. *Fuzzy logic* merupakan suatu proses pengambilan keputusan berbasis aturan yang bertujuan untuk memecahkan masalah, dimana sistem tersebut sulit untuk dimodelkan atau terdapat ambiguitas dan ketidakjelasan yang berlimpah. *Fuzzy logic* ditentukan oleh persamaan logika dan berasal dari pemikiran yang mengidentifikasi serta mengambil keuntungan dari ketidakjelasan antara dua

masukan. Sistem logika *fuzzy* terdiri dari himpunan *fuzzy*, *fuzzy rule*, dan *defuzzifikasi*. Penggunaan *fuzzy logic* sangat mudah dimengerti dengan kosep matematis yang mendasar.

Fungsi metode *fuzzy logic* sebagai pengambilan keputusan saat robot kapal selam mulai beroperasi di air, dimana *fuzzy logic* dapat mengambil keputusan dengan tepat apabila robot kapal selam terkena gelombang air sehingga jalannya tepat stabil. Dalam dunia nyata kapal selam ketika sedang beroperasi di laut pasti menghadapi gangguan gelombang air laut sehingga ketika berjalan kapal selam bergoncang. Untuk mendeteksi guncangan yang dihadapi robot kapal selam digunakan sensor *gyroscope* dan *accelerometer*. Pembacaan hasil dari sensor *gyroscope* dan *accelerometer* dijadikan sebagai *input system* yang diolah pada *fuzzy logic controller* yang telah diunggah kedalam *arduino uno* yang menjadi acuan pergerakan motor servo yang terdapat pada robot kapal selam, sehingga ketika gelombang air yang datang tidak mengganggu kestabilan robot kapal selam saat beroperasi.

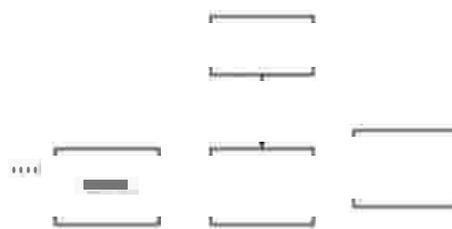
Dari penelitian diharapkan dihasilkan *prototype* kapal selam yang dapat stabil dapat bergerak horizontal dengan kedalaman konstan. Dari pembuatan *prototype* ini di harapkan kapal selam ini dapat bergerak seefisien mungkin di bawah laut dan aman bagi keseimbangan robot kapal selam tersebut.

## 2. Dasar Teori dan Metode Perancangan

### 2.1 Fuzzy Logic

Menurut Agus Naba, logika fuzzy adalah: “Sebuah metodologi berhitung dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*) sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Kata-kata digunakan dalam fuzzy logic memang tidak sepresisi bilangan, namun kata-kata jauh lebih dekat dengan intuisi manusia”<sup>[1]</sup>. Secara umum konsep logika fuzzy meliputi himpunan tegas, himpunan fuzzy, keanggotaan fuzzy, *linguistic variable*, operasi dasar, dan *fuzzy rule*.

#### 2.1.1 Struktur Dasar Logika Fuzzy



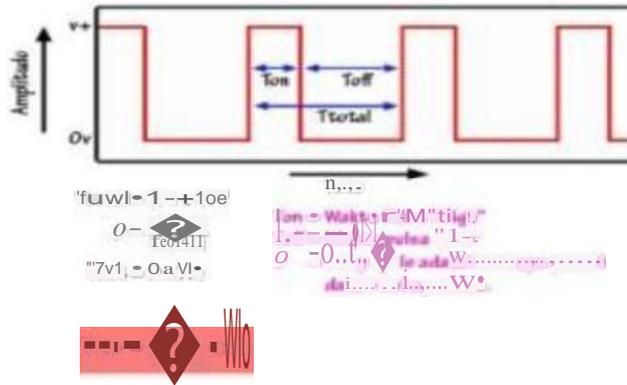
**Gambar 2.1** Diagram blok logika fuzzy

Berdasarkan gambar 2.1, dalam system logika fuzzy terdapat beberapa tahapan operasional yang meliputi:

1. Fuzzifikasi Fuzzifikasi adalah suatu proses pengubahan nilai tegas yang ada ke dalam fungsi keanggotaan.
2. Penalaran (Inference Machine) Mesin penalaran adalah proses implikasi dalam menalar nilai masukan guna penentuan nilai keluaran sebagai bentuk pengambilan keputusan.
3. Aturan Dasar (Rule Based) 9 Aturan dasar (*rule based*) pada control logika fuzzy merupakan suatu bentuk aturan relasi “Jika-Maka” atau “if-then” seperti berikut ini: if x is A then y is B dimana A dan B adalah *linguistic values* yang didefinisikan dalam rentang variabel X dan Y. Pernyataan “x is A” disebut antecedent atau premis. Pernyataan “y is B” disebut consequent atau kesimpulan.
4. Defuzzifikasi Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut.

2.2 **Pulse Width Modulation (PWM)**<sup>[3]</sup>

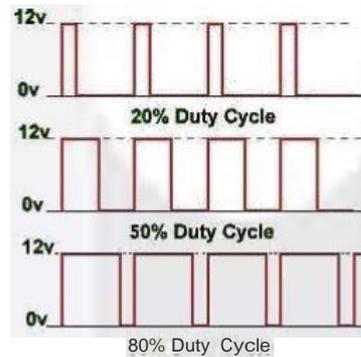
*Pulse Width Modulation* (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode untuk mendapatkan tegangan rata - rata yang berbeda. Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).



Gambar 2.2 Sinyal PWM dan Rumus Perhitungannya

2.3 **Duty Cycle**<sup>[3]</sup>

Duty cycle adalah perbandingan antara pulsa on dan off terhadap periode dengan besar amplitudo dan frekuensi pulsa adalah tetap. Duty cycle yang berubah - ubah ini menentukan besarnya keluaran tegangan yang dihasilkan. Jika semakin besar duty cycle maka semakin besar tegangan yang dihasilkan, dan sebaliknya semakin kecil duty cycle maka semakin kecil tegangan yang dihasilkan. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 2.8.



Gambar 2.3 Pengaturan Duty Cycle

Duty cycle dari PWM dapat dinyatakan dengan persamaan {2.1} :

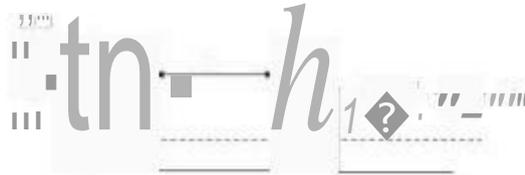
$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \times 100 \quad \text{.....} \{2.1\}$$

Duty cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 100 V, maka motor akan mendapat tegangan 100 V. Pada *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya. Agar didapat tegangan *output* sesuai dengan yang diinginkan maka digunakan rumus tegangan rata - rata pada persamaan {2.2} :

$$Voltage\ Average = \frac{a}{a+b} \times V_{full} \dots\dots\dots\{2.2\}$$

dimana *a* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “*on*”. *b* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “*off*” dan *Vfull* adalah tegangan maksimum

masukan. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Perhitungan Vout Berdasarkan Sinyal PWM

**2.4 Brushless DC Motor (BLDC)**

BLDC motor atay dapat disebut juga dengan BLAC motor merupakan motor listrik *synchronous AC* 3 fasa. Didandingkan dengan motor DC, BLDC memiliki biaya perawatan yang lebih rendah dan kecepatan yang lebih tinggi akibat tidak digunakannya *brush*. Dibandingkan dengan motor induksi, BLDC memiliki efisiensi yang lebih tinggi karena rotor dan torsi awal yang lebih tinggi karena rotor terbuat dari magnet permanen. Walaupun memiliki kelebihan dibandingkan dengan motor DC dan induksi, pengendalian BLDC jauh lebih rumit untuk kecepatan dan torsi yang konstan karena tidak adanya *brush* yang menunjang proses komutasi.

Walaupun merupakan motor listrik *synchronous AC* 3 fasa, motor ini tetap disebut dengan BLDC karena pada implementasinya BLDC menggunakan sumber DC sebagai sumber energy utama yang kemudia diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan *inverter* 3 fasa. Tujuan dari pemberian tegangan AC 3 fasa pada stator BLDC adalah menciptakan medan magnet putar stator untuk menarik magnet rotor.



Gambar 2.5 Gambar Motor BLDC

**2.5 Mikrokontroler Arduino UNO**

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah *chip*. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input / output*.

Arduino Uno adalah sebuah *board* mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin *input / output* yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*, 6 analog *input*, *crystal osilator* 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, kepala ICSP, dan tombol *reset*. Arduino Uno mampu *mensupport* mikrokontroler,

dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB.

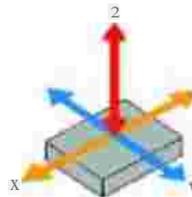


**Gambar 2.6** Gambar Arduino Uno<sup>[9]</sup>

## 2.6 Sensor Kemiringan<sup>[2]</sup>

Dalam dunia elektro mekanik ada beberapa alat sensor gerak yang dapat digunakan dan salah satunya adalah *accelerometer* dan *gyroscope*. Secara sederhana *accelerometer* merupakan sebuah alat untuk sensor posisi dan perpindahan sedangkan *gyroscope* digunakan sebagai sensor sudut/gerak rotasi. Baik *accelerometer* maupun *gyroscope* sudah banyak diterapkan terutama pada bidang mekanika khususnya sistem keseimbangan.

### 2.6.1 Accelerometer

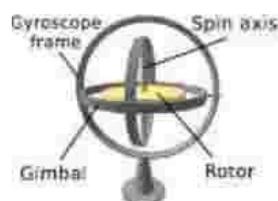


**Gambar 2.7** Gambar Sensor Accelerometer

Gambar 2.7 ialah gambar dari *accelerometer*. *Accelerometer* adalah perangkat yang berfungsi untuk mengukur akselerasi. Akselerasi yang diukur dengan *accelerometer* belum tentu memiliki laju perubahan velositas. Sebaliknya, *accelerometer* mendapatkan akselerasi yang dimaksud dengan fenomena berat yang dialami oleh uji massa pada kerangka acuan perangkat *accelerometer*. Sebagai contoh, *accelerometer* di permukaan bumi akan mengukur akselerasi  $g = 9.81m$  lurus ke atas karena beratnya. Sebaliknya, *accelerometer* jatuh bebas ke bumi mengukur nol untuk akselerasinya. *Accelerometer* memiliki berbagai aplikasi dalam bidang industri dan sains.

*Accelerometer* yang sangat sensitif digunakan sebagai komponen sistem navigasi inersia pada pesawat tempur dan rudal. *Accelerometer* juga digunakan untuk mendeteksi dan memonitor getaran pada mesin putar. Selain itu, *accelerometer* digunakan pada komputer tablet dan kamera digital agar foto di layar selalu ditampilkan tegak.

### 2.6.2 Gyroscope



**Gambar 2.8** Gambar konstruksi dalam Sensor Gyroscope

*Gyroscope* adalah roda berat yang berputar pada jari-jarinya. Sebuah *gyroscope* mekanis terdiri dari sebuah roda yang diletakkan pada sebuah bingkai. Roda ini berada di sebuah batang besi yang disebut dengan poros roda. Ketika *gyroscope* digerakkan, maka ia akan bergerak mengitari poros tersebut. Poros tersebut terhubung dengan lingkaran-lingkaran yang disebut gimbal. Gimbal tersebut juga terhubung dengan gimbal lainnya pada dasar lempengan. Jadi saat piringan itu berputar, unit *gyroscope* itu akan tetap menjaga posisinya saat pertama kali dia diputar. *Gyroscope* memiliki output yang peka terhadap kecepatan sudut dari arah sumbu x yang nantinya akan menjadi sudut phi (roll), dari sumbu y nantinya menjadi sudut theta (pitch), dan sumbu z nantinya menjadi sudut psi (yaw).

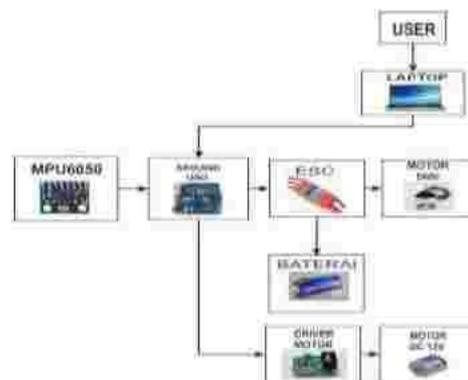
### 2.6.3 Inertial Measurement Unit (IMU)



**Gambar 2.9** Gambar IMU MPU6050

Gambar 2.9 ialah sensor MPU-6050. IMU digital ini memiliki 3-axis *accelerometer* dan 3-axis *gyroscope* yang mana sensor ini terhubung secara I2C, dan ketika dikombinasikan dengan filter, akan menampilkan pembacaan kemiringan yang sangat stabil.

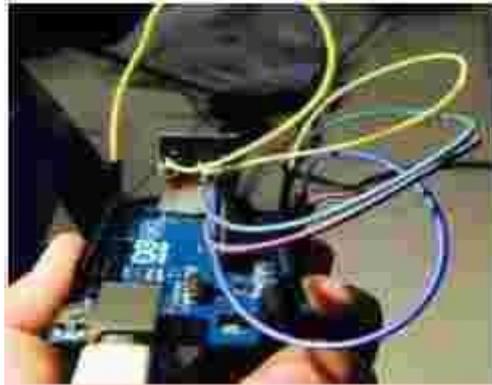
### 2.6 Perancangan dan Implementasi



**Gambar 2.10** Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja sistem ini, yaitu *user* menurunkan robot kapal selam menggunakan kursor pada laptop saat dalam keadaan turun ketika robot kapal selam menerima guncangan dari arus air maka pergerakan robot kapal selam menggunakan motor bldc saat keadaan turun akan dibaca oleh IMU MPU 6050 dan menghasilkan output *accelerometer* yang selanjutnya akan menjadi input bagi *fuzzy logic* sebagai *error*.

**2.6.1 Perancangan MPU 6050**



**2.6.1 Perancangan Robot Kapal Selam**



**3. Hasil Perancangan**

SP=0

E=error PV=

E Eii=delta

error Eii=SP-

PV

INDIKATOR AIR	FUZZY		KECEPATAN MOTOR (PWM)	
	ERROR	DELTA ERROR	KIRI	KANAN
DIAM	0	0	150	150
PELAN	-3	-6	180	180
	-1	-5	170	170
	0	2	163	163
CEPAT	-6	11	220	220
	5	20	220	220
	5	14	220	220

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Naba, Agus. (2009), "*Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB*", Yogyakarta, Andi Off
- [2]. Bobby, Grace. (2015). "*Perancangan dan Implementasi Robot Keseimbangan Beroda Dua Berbasis Mikrokontroller*". Bandung: Universitas Telkom.
- [3]. Yusmansyah. (2015). "*Perancangan dan Implementasi Sistem Kontrol Parkir Mobil Listrik Otomatis Menggunakan Metode Ackerman Steering*". Bandung: Universitas Telkom
- [4]. Nurisma, F.N, Basuki, Panggih. (2013). "*Purwarupa Robot Kapal Selam Menggunakan Kontrol PD Berbasis Mikrokontroller*". Yogyakarta: Universitas Gajah Mada
- [5]. Kanakakis, V. Valavanis, K.P., Tsourveloudis, N.C. (2004). Paper hal 1-10. "*Fuzzy-Logic Based Navigation of Underwater Vehicle*".
- [6]. Aruan, Yohana Jayanti. (2015). "*Sistem Peringatan dan Monitoring Peringatan Perlintasan Kereta Api Otomatis Dengan Menggunakan Arduino dan Android*". Bandung: Universitas Telkom
- [7]. <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> (online). Diakses pada 18 Oktober 2015
- [8]. [http://mirp.net/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=products\\_id](http://mirp.net/index.php?main_page=product_info&cPath=products_id) (online). Diakses tanggal 11 November 2015
- [9]. <http://www.bestmadeinkorea.com/Manufacturing-Machinery-catalogs-4/Other-Manufacturing-Processing-Machinery.html> (online). Diakses tanggal 25 Juni 2015