

# Rancang Bangun Robot Bawah Air

Yogie Junan, Vecky C. Poekoel, Muhamad Dwisnanto Putro

Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

yogieyunan@gmail.com, vecky.poekoel@unsrat.ac.id, dwisnantoputro@unsrat.ac.id

**Abstract** — *Underwater robot is one of the most indispensable robotic technologies for underwater exploration. In this research, underwater robots are made to have arduino control centers, the input device is a wireless remote control and 4 pieces of brushless motor controlled by ESC (electronic speed control). This underwater robot can move well in the water and can display the result of shooting in water. Testing of this robot includes testing the robot velocity moving forward, backward, dive, rise to the surface, turn left or right, testing the depth of the robot can dive and test the camera showing the video directly. This robot research gets the deepest diving result is 1.5 meters in the pool and display the result of observation in the water in the form of video displayed on the monitor directly. This underwater robot still needs some development to used in the sea.*

**Keywords** : *Arduino, ESC (electronic speed control), remote control, Technologies of Robot, Underwater robot.*

**Abstrak** — Robot bawah air merupakan salah satu teknologi robot yang sangat diperlukan untuk ekplorasi bawah air. Pada penelitian ini, robot bawah air dibuat memiliki pusat pengendali arduino, perangkat masukan berupa *remote control* tanpa kabel dan 4 buah motor brushless yang dikendalikan oleh ESC (*electronic speed control*). Robot bawah air ini dapat bergerak dengan baik di dalam air dan dapat menampilkan hasil pengambilan gambar dalam air. Pengujian robot ini meliputi pengujian kecepatan robot bergerak maju, mundur, menyelam, naik ke permukaan, berbelok kekiri atau kekanan, pengujian kedalaman robot dapat menyelam dan pengujian kamera menampilkan video secara langsung. Penelitian robot ini mendapatkan hasil penyelaman terdalam yaitu 1.5 meter dalam kolam renang dan menampilkan hasil pengamatan dalam air berupa video yang ditampilkan pada monitor secara langsung. Robot bawah air ini masih memerlukan beberapa pengembangan agar dapat digunakan dalam laut.

**Kata kunci** : *Arduino, ESC (electronic speed control), Remote Control, Robot Bawah Air, Teknologi Robot.*

## I. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang tidak dapat dipungkiri bahwa perkembangan teknologi sangat pesat. Salah satunya dalam bidang robotika yang dikembangkan terus-menerus bahkan dikompetisikan dalam berbagai bidang. Jika dahulu berbagai alat bantu manusia masih menggunakan tenaga manusia sepenuhnya, saat sekarang robot diciptakan untuk memudahkan manusia. Manusia hanya membutuhkan sedikit tenaga dalam mengerjakan berbagai pekerjaan, bahkan ada juga yang tidak membutuhkan tenaga manusia sama sekali. Robot yang diciptakan bervariasi sesuai bidang pekerjaan yang dibutuhkan dan dapat diprogram ulang. Robot pada dasarnya memiliki sistem yang bekerja didalamnya, sistem ini dibuat

oleh manusia dan disimpan dalam pengontrol. Setiap robot memiliki pengontrolnya masing-masing dan dihubungkan dengan antarmuka robot. Antarmuka sebagai masukan maupun keluaran, pada umumnya sensor dan penggerak dihubungkan dengan pengontrol dan diprogram sesuai dengan fungsinya. Pemanfaatan robot untuk eksplorasi saat ini sangat dibutuhkan apalagi di Indonesia yang merupakan negara kepulauan. Maka sebagian besar merupakan wilayah perairan dan belum semua dapat dieksplorasi. Eksplorasi yang dilakukan rata-rata sebatas permukaan air, di bawah air sangat jarang dilakukan karena masih dilakukan dengan cara konvensional. Eksplorasi yang dilakukan kebanyakan tidak maksimal karena berbagai kendala yang ditemui di dalam air oleh penyelam-penyelam yang bertugas. Untuk itu maka peran robot sangat diperlukan untuk melakukan eksplorasi ini. Pemanfaatan robot bawah air dapat membantu memaksimalkan hasil eksplorasi dalam bidang kelautan. Robot yang biasa digunakan saat ini merupakan robot bawah air (*Underwater Robot*) yang merupakan salah satu tipe robot yang aplikasinya ditujukan untuk melakukan kegiatan di dalam air.

Pengendalian Robot bawah air dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*) dan ROV (*Remotely Operated Vehicle*). AUV adalah jenis robot bawah air yang bersifat *autonomous*/otomatis, robot dapat bergerak dan melakukan kegiatan sendiri, berdasarkan program yang telah di berikan kepada robot, dan di lengkapi dengan berbagai sensor untuk mendapatkan data sesuai dengan program yang ada. Sedangkan ROV merupakan robot bawah air yang dikendalikan oleh operator dalam pengoperasiannya, dimana dilengkapi dengan perangkat kendali *remote control* dalam pengoperasiannya.[1]

Pada umumnya robot bawah air ini masih menggunakan kabel sebagai penghubung robot dengan pengendali (*remote control*), ketika robot akan beroperasi dalam air maka kabel tersebut dapat menjadi beban dan mengganggu kerja robot dibawah air. Maka dari itu penulis akan membuat robot ini dikendalikan secara *wireless* dengan pengontrol arduino sebagai pusat pengendalian yang dikendalikan dengan *remote control* dan kamera sebagai pengamat dalam air. Pada prinsip dasarnya, robot ini sangat mengandalkan hukum archimedes. Hukum Archimedes memberikan pemahaman kepada kita tentang tekanan yang terjadi pada benda yang diletakan pada zat cair. Dari hukum Archimedes ini yang digunakan pada robot ini yaitu perhitungan rumus agar benda dapat melayang dalam air. Benda melayang dalam zat cair apabila posisi benda dibawah permukaan zat cair dan diatas dasar tempat zat cair berada[2]. Pada benda melayang terdapat dua gaya yaitu : Fa dan W seperti pada rumus (1).

$$\begin{aligned} W &= Fa \\ \rho_b \cdot V_b \cdot g &= \rho_{zc} \cdot V_b \cdot g \\ \rho_b &= \rho_{zc} \end{aligned} \quad (1)$$

Dimana :  $Fa$  = Gaya apung  
 $W$  = Berat benda  
 $\rho_b$  = Massa jenis benda  
 $\rho_{zc}$  = Massa jenis zat cair  
 $V_b$  = Volume benda

Selain perhitungan massa jenis, dalam rancangan ini juga dihitung kecepatan dari robot ini. Pengertian kecepatan adalah jarak yang ditempuh benda tiap waktu seperti pada rumus (2). Satuan dari kecepatan adalah meter per sekon (m/s). Misalnya seorang anak mengayuh sepeda di jalan lurus 10 meter dalam waktu 5 sekon. Jadi kecepatan anak itu adalah 2 meter tiap sekon (2 m/s)[3].

$$v = \frac{S}{t} \quad (2)$$

Dimana :  $V$  = kecepatan benda (m/s)  
 $S$  = jarak atau perpindahan yang ditempuh benda (m)  
 $t$  = waktu yang dicapai (s)

Selain kecepatan, jarak dan waktu dihitung pula kecepatan sudut karena robot dapat berputar pada porosnya pada rumus (3). Definisi kecepatan sudut adalah besarnya sudut juring lingkaran yang terbentuk oleh lintasan suatu titik yang bergerak melingkar per satuan waktu. Kecepatan sudut juga disebut kecepatan angular. Satuan kecepatan sudut adalah rad/sekon. Satuan lain yang dapat digunakan misalnya rad/menit atau rad/jam. Rumus kecepatan sudut adalah sudut tempuh dibagi dengan waktu tempuh[4].

$$W = \frac{\text{sudut tempuh}}{\text{waktu tempuh}} \quad (3)$$

Dimana :  $w$  = kecepatan sudut  
 $1^\circ = \pi / 180$

Perhitungan jarak operator dengan robot juga dapat dihitung dengan rumus *Pythagoras* atau dikenal dengan istilah teorema *Pythagoras*. Rumus *Pythagoras* merupakan rumus yang ditemukan oleh ilmuwan Yunani yang bernama *Pythagoras*. Pengertian dari teorema *Pythagoras* atau dalil *Pythagoras* yaitu bahwa sisi miring atau sisi terpanjang dalam segitiga siku-siku sama dengan kuadrat sisi-sisi lainnya[5].

$$b^2 = a^2 + c^2 \quad (4)$$

maka untuk menghitung sisi tegak dan sisi mendatarnya berlaku rumus (4), (5) dan (6)

$$a^2 = b^2 - c^2 \quad (5)$$

$$c^2 = b^2 - a^2 \quad (6)$$

rumus *Pythagoras* dalam bentuk akar, jika sisi miringnya  $c$ , sisi tegak dan mendatarnya adalah  $a$  dan  $b$ , maka rumus yang dihasilkan (7), (8) dan (9)

$$a = \sqrt{c^2 - b^2} \quad (7)$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2} \quad (8)$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (9)$$

Robot bawah air ini memiliki pengendali utama yaitu Arduino Mega 2560, Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 *pin digital input/output*, dimana 15 *pin* dapat digunakan sebagai *output PWM*, 16 *pin* sebagai *input analog*, dan 4 *pin* sebagai *UART (port serial hardware)*, 16 MHz kristal *osilator*, koneksi *USB, jack power, header ICSP*, dan tombol *reset*. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel *USB* atau *power* dihubungkan dengan *adaptor AC-DC* atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega 2560 cocok dengan sebagian besar *shield* yang dirancang untuk *Arduino Duemilanove* atau *Arduino Diecimila*. Arduino Mega 2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega.[6]

Robot bawah air ini memiliki 4 buah penggerak berupa motor *brushless* untuk menggerakkan robot ke berbagai arah, *brushless motor* atau dapat disebut juga dengan *BLDC motor* merupakan motor listrik *synchronous AC 3 fasa*. Didandingkan dengan motor *DC*, Tujuan dari pemberian tegangan *AC 3 fasa* pada stator *BLDC* adalah menciptakan medan magnet putar stator untuk menarik magnet rotor. *ESC* adalah *driver* penggerak untuk jenis motor *brushless*, biasanya digunakan pada bidang *aeronautical* atau *RC*. Untuk kecepatan putarnya diatur oleh sinyal yang diterima dari pengontrol. Satu modul *ESC* digunakan untuk mengendalikan satu motor *brushless* saja. Robot ini dikendalikan dengan modul *transmitter* dan *receiver* berupa *Remote control flysky fs-i6* sebagai *transmitter* gelombang. *Flysky i6* merupakan *transmitter* berkualitas *channel level 6* dengan kecepatan yang tinggi dan maksimal. *Flysky i6* memiliki kecepatan 2.405-2.475GHz dengan teknologi *telemetri AFHDS* atau *Automatic Frequency Hopping System Digital* yang begitu solid dan juga handal. *Flysky i6* memiliki spesifikasi voltase yang rendah, tidak sampai 4.2 V namun memiliki *power port* dan baterai yang optimal.[7] Robot ini juga memiliki modul yang membantu penglihatan dalam air secara langsung, Modul *video transmitter TS832* adalah modul khusus untuk mengirimkan video dari kamera *FPV* lewat gelombang frekuensi 5.8GHz, dan diterima oleh modul *receiver* untuk menerima video yang dikirimkan.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Perancangan Sistem

Metode penelitian pada penelitian ini yaitu dilakukan meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

#### 1) Perancangan perangkat keras robot

Berdasarkan Gambar 1 sistem mempunyai beberapa komponen penyusun yaitu :

- Motor *Brushless*, sebagai penggerak robot ke berbagai arah.
- ESC (electric speed control)*, sebagai pengendali kecepatan motor *brushless*.
- Arduino Mega 2560. Berfungsi sebagai otak atau pengendali utama dalam sistem.

- d) Relay, Berfungsi sebagai saklar penghubung dan pemutus tegangan untuk pompa dan *valve*, juga pemutar polaritas tegangan pada ESC dengan motor brushless. Relay dikendalikan melalui Arduino Mega 2560 sesuai perintah.
- e) Modul Receiver FS-IA6B, berfungsi sebagai penerima sinyal perintah dari *remote control* untuk mengendalikan robot.
- f) Pompa *submersible*, untuk pengisian dan pengosongan tabung air.
- g) *Valve*, Berfungsi untuk membantu angin dan air masuk keluar tabung air.
- h) Baterai Lipo, Berfungsi sebagai *supply* tegangan 12 V.
- i) Kamera FPV, sebagai media pantau dalam air.
- j) Modul TS-832, sebagai modul pemancar video secara langsung dari kamera FPV.

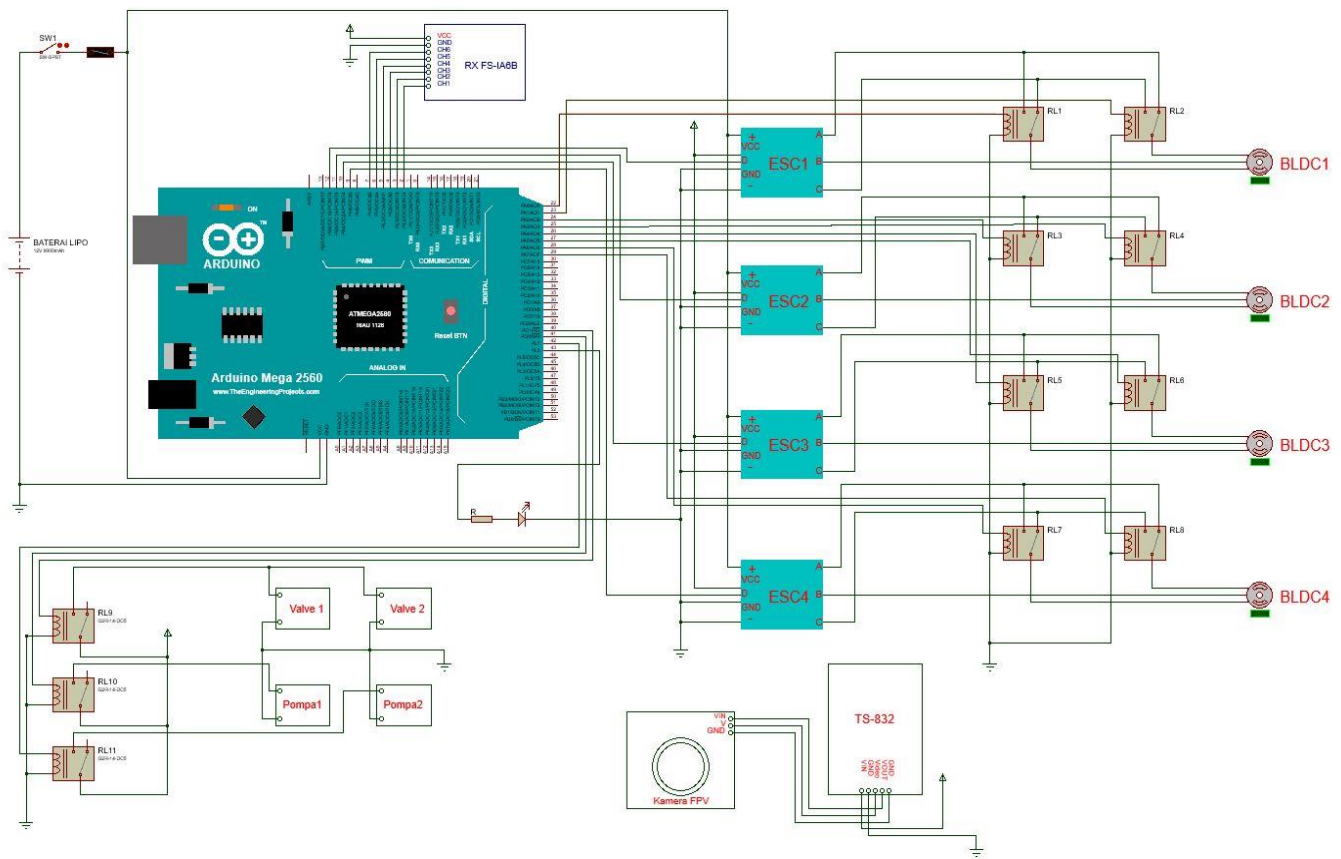
Perancangan rangkaian pada gambar 1 dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian masukan, pengendali dan keluaran. Pada bagian masukan rangkaian terdapat modul penerima sinyal FS-IA6B yang memiliki 6 saluran data yang dihubungkan dengan Arduino Mega 2560. Bagian pengendali digunakan Arduino Mega 2560 sebagai pengendali utama dari kerja robot sesuai program yang dibuat dan ESC Simonk 30A yang dihubungkan dengan relay sebagai pengatur kecepatan dan arah putaran

motor *brushless*. Keluaran robot terdapat 4 motor *brushless* sebagai motor penggerak robot dalam bermanuver. 2 motor *brushless* sebagai pendorong robot naik turun dan 2 motor *brushless* yang lainnya sebagai pendorong maju mundur.

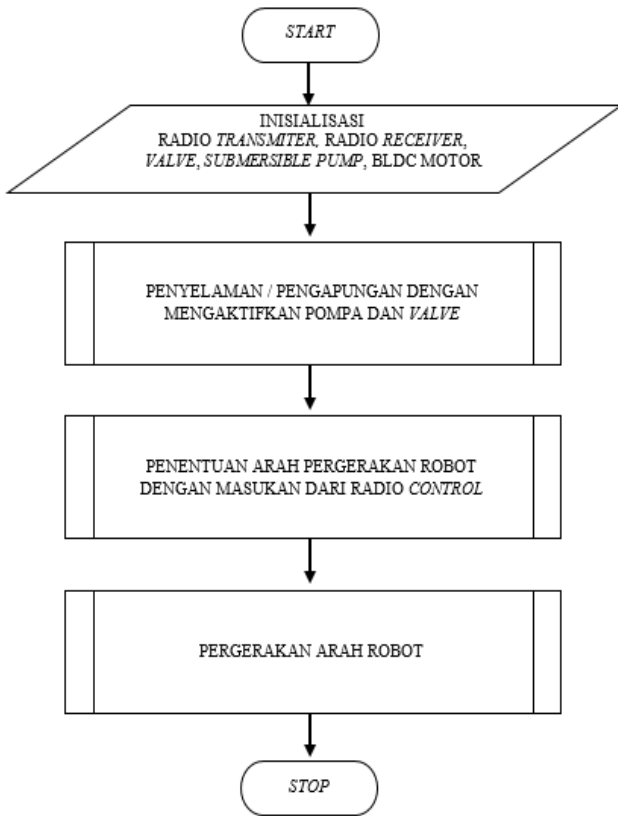
## 2) Perancangan diagram alur sistem kerja robot

Untuk mempermudah perancangan perangkat lunak pengontrolan robot terlebih dahulu dibuat diagram alur seperti Gambar 2 untuk menjabarkan alur kerja sistem pada robot. Sebelum robot dapat bergerak ke berbagai arah dengan bebas didalam air, robot perlu menyesuaikan berat dengan memasukan air dalam tabung agar robot dapat melayang. Diagram alir Gambar 3 merupakan tahapan dari proses penyelaman robot, yang menggambarkan secara bertahap dari robot berada di permukaan air (terapung) sampai robot berada dalam air (melayang). Dengan cara mengisi tangki air yang tersedia menggunakan pompa hingga tangki penuh dan menggantikan udara yang ada di dalam tangki.

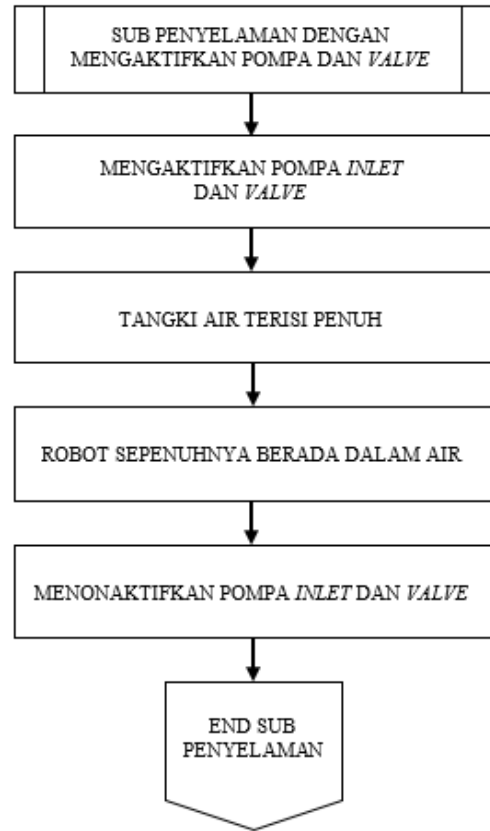
Setelah proses penyelaman tentu saja ada proses sebaliknya yaitu mengapung kembali (Gambar 4) ke permukaan. Pada proses penyelaman tangki air diisi dengan air menggantikan udara yang ada, maka pada proses untuk mengapung yaitu dengan cara mengeluarkan air yang ada di dalam tabung dan udara kembali terisi. Diagram subproses ini (Gambar 4) menggambarkan tahapan robot yang akan mengapung.



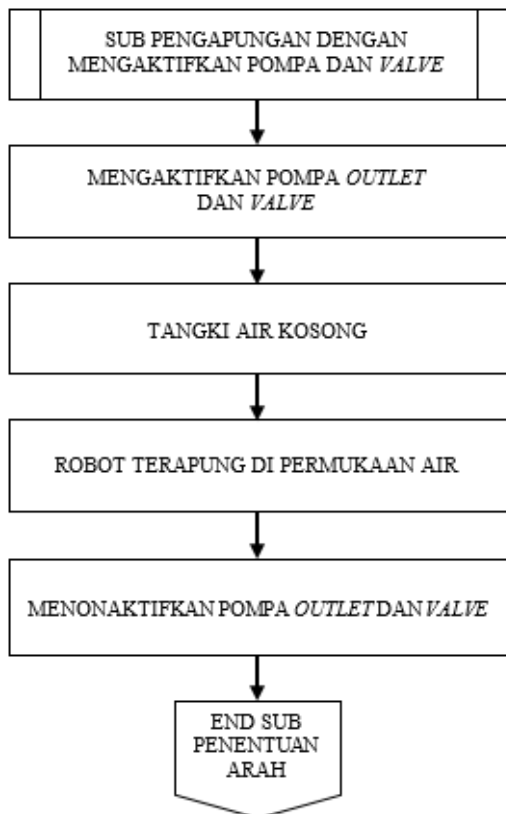
Gambar 1. Rangkaian keseluruhan system



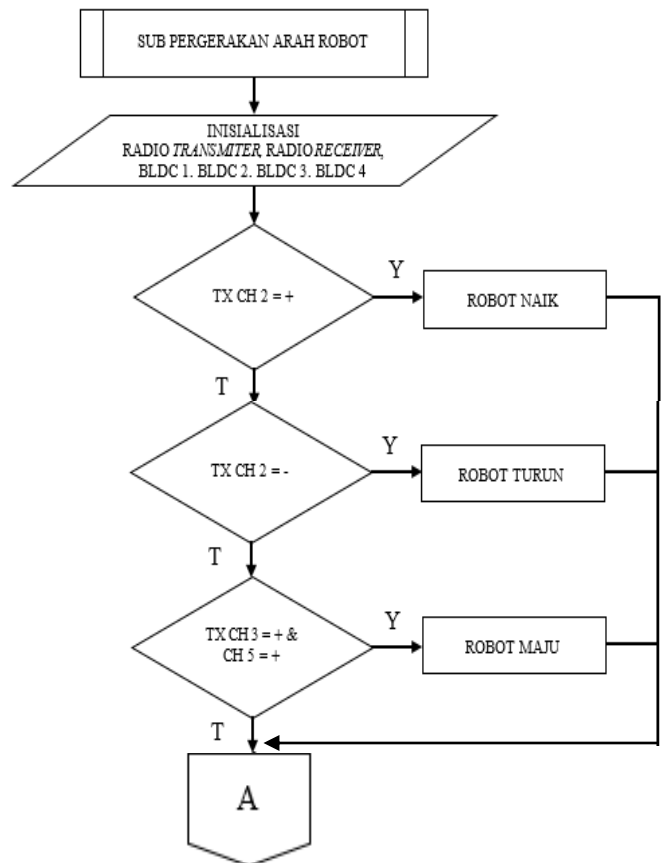
Gambar 2. Diagram alur program utama

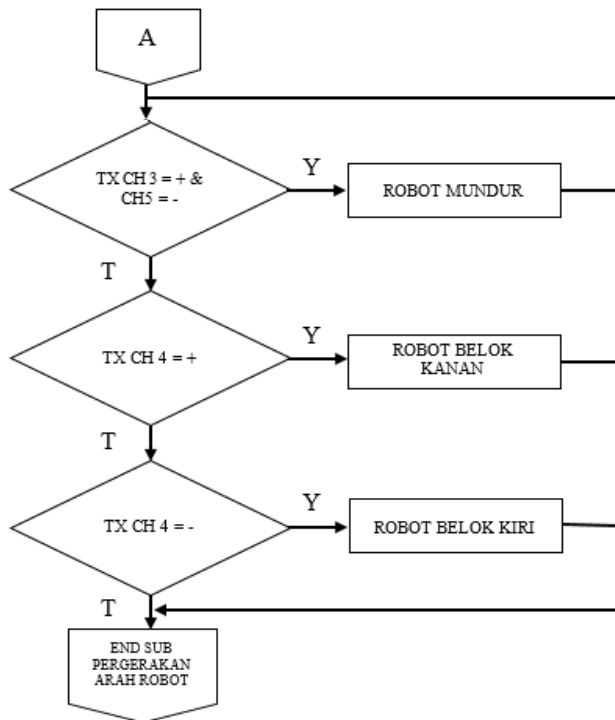


Gambar 4. Diagram alur proses pengapungan robot



Gambar 3. Diagram alur proses penyelaman robot



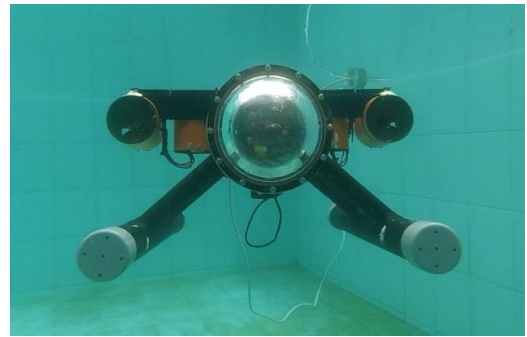


Gambar 5. Diagram alur proses pengapungan robot

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil desain

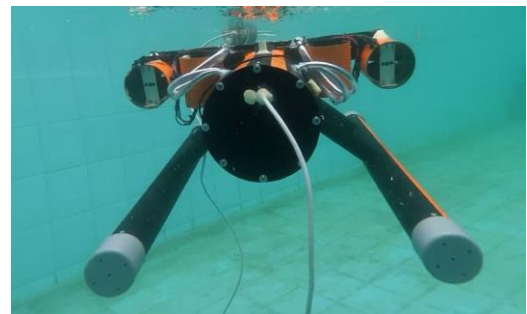
Robot bawah air atau *underwater drone* merupakan robot yang dapat dikendalikan melalui *remote control* untuk bergerak ke berbagai arah (Gambar 5) dan menampilkan pandangan dalam air secara langsung kepada operator pengendali. Adapun hasil desain Robot Bawah Air pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8. Robot *underwater* ini dirancang memiliki 4 aktuator dan 2 ruang pemberat yang letaknya simetris agar saat robot berada dalam air robot seimbang. 2 penggerak untuk mendorong naik dan turun dipasang dekat dengan badan utama robot, sedangkan 2 penggerak yang lain untuk mendorong robot maju, mundur, belok kiri dan kanan berada di bagian terluar dari badan utama robot yang bertujuan agar pergerakan dari robot ini lebih mudah ketika berada di dalam air. Posisi dari ke empat aktuator sejajar dan terletak di tengah dari tubuh robot dari bagian depan sampai belakang. Sedangkan ruang pemberat terletak di sisi terluar bagian kiri dan kanan dari badan utama robot dan terhubung dengan kaki robot yang sekaligus sebagai penopang badan robot, yang bertujuan agar robot memiliki keseimbangan yang baik ketika berada di dalam air. Di dalam ruang pemberat juga dibagi dua yaitu bagian depan dan bagian belakang, agar robot juga memiliki keseimbangan bawaan untuk bagian depan dan belakang. Karena beda berat dan udara pada bagian ruang kontrol dan ruang kamera yang terletak di paling depan dan belakang, maka pemberat harus dibagi untuk menyeimbangkan robot saat berada di dalam air. Semua bagian yang berat terletak di tengah robot agar robot tidak perlu membutuhkan banyak penyesuaian dalam air.



Gambar 6. Robot hasil rancangan tampak depan



Gambar 7. Robot hasil rancangan tampak samping



Gambar 8. Robot hasil rancangan tampak belakang

Ruang kontrol berada dibagian belakang dan berisi semua perangkat kendali dan *power supply* yang ditutup dengan bertujuan untuk melindungi kabel penghubung untuk motor, pompa dan antena. Antena diperpanjang menggunakan kabel bertujuan agar antena dapat terapung dipermukaan air, karena *radio control* yang digunakan tidak dapat mengirim sinyal dengan baik pada saat *receiver* berada di dalam air.

#### B. Pembahasan Berat Robot

Robot *underwater* ini memiliki berat 13.40kg sebelum masuk dalam air. Berat tersebut sudah termasuk pemberat pada bagian kiri dan kanan yang masing – masing memiliki berat 1.1kg. Berat yang diperlukan agar robot melayang dalam air yaitu 19.6kg. Berikut pembahasan tentang berat robot agar melayang dalam air.

- PVC 1" (d = 3.2 cm) , jumlah 4 buah, Panjang (l) = 18 cm  

$$V_a = \pi \cdot r_a^2 \cdot l_a$$

$$= 3.14 \times (1.6)^2 \times 18$$

$$= 144.7 \text{ cm}^3$$

$$= 144.7 \text{ cm}^3 \times 4$$



$$V_a = 578.8 \text{ cm}^3$$

Luas bidang a (kaki ROV) memiliki luas  $578.8 \text{ cm}^3$  yang masing – masing kaki memiliki luas  $144.7 \text{ cm}^3$

b. PVC 2” (d = 6 cm) , jumlah 2 buah, Panjang (l) = 74 cm

$$\begin{aligned} V_b &= \pi \cdot r_b^2 \cdot l_b \\ &= 3.14 \times (3)^2 \times 74 \\ &= 2091.24 \text{ cm}^3 \\ &= 2091.24 \text{ cm}^3 \times 2 \end{aligned}$$

$$V_b = 4182.48 \text{ cm}^3$$

Luas bidang b (ruang pemberat) memiliki luas  $4182.48 \text{ cm}^3$  yang masing – masing memiliki luas  $2091.24 \text{ cm}^3$

c. PVC 6” (d = 16.5 cm) , jumlah 1 buah, Panjang (l) = 65 cm

$$\begin{aligned} V_c &= \pi \cdot r_c^2 \cdot l_c \\ &= 3.14 \times (8.25)^2 \times 65 \\ &= 13677.84 \text{ cm}^3 \\ &= 13677.84 \text{ cm}^3 \times 1 \end{aligned}$$

$$V_c = 13677.84 \text{ cm}^3$$

Luas bidang c (ruang kendali, ruang kamera dan tangki air) memiliki luas  $13677.84 \text{ cm}^3$

d. Fish eye 6” (d = 16.5 cm) → Volume fish eye = Volume  $\frac{1}{2}$  bola

$$\begin{aligned} V_d &= \frac{2}{3} \pi \cdot r_d^3 \\ &= \frac{2}{3} \times 3.14 \times (8.25)^3 \end{aligned}$$

$$V_d = 1175.44 \text{ cm}^3$$

Luas bidang d (acrylic  $\frac{1}{2}$  bola) memiliki luas  $1175.44 \text{ cm}^3$

$$V_{\text{Total}} = V_a + V_b + V_c + V_d$$

$$= 578.8 + 4182.48 + 13677.84 + 1175.44$$

$$= 19614.56 \text{ cm}^3 = 0.01961456 \text{ m}^3$$

dengan rumus benda melayang dari hukum Archimedes di dapatkan berat benda yang diperlukan.

$$\rho_b \cdot V_b \cdot g = \rho_{zc} \cdot V_b \cdot g$$

$$(1000)(19614.56)(10) = (1000)(19614.56)(10)$$

Pada hukum archimedes menyatakan bahwa volume benda sama dengan volume air yang dipindahkan.

$$\text{Massa jenis benda } (\rho_{\text{benda}}) = \frac{\text{massa benda}}{V_{\text{total}}}$$

$$1000 = \frac{\text{massa benda}}{0.01961456}$$

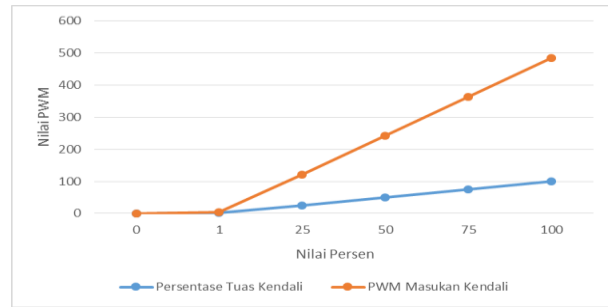
$$\text{massa benda} = 1000 \times 0.01961456$$

$$= 19.61456 \text{ kg}$$

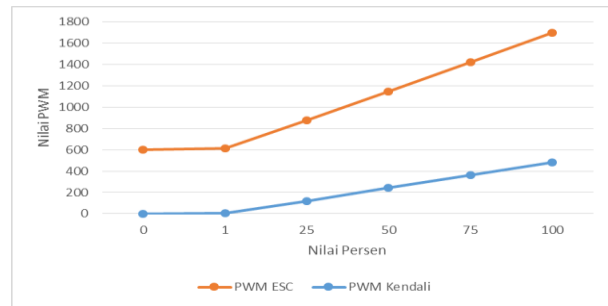
Dari hasil pembahasan ini dapat dinyatakan bahwa berat benda yang diperlukan untuk membuat robot melayang dalam air yaitu 19.61456kg. Dengan berat kosong dari robot 13.40kg berarti sisa berat yang membuat robot melayang adalah jumlah air yang dimasukkan dalam tangki air dan ruang pemberat.

### C. Pembahasan kendali remote control

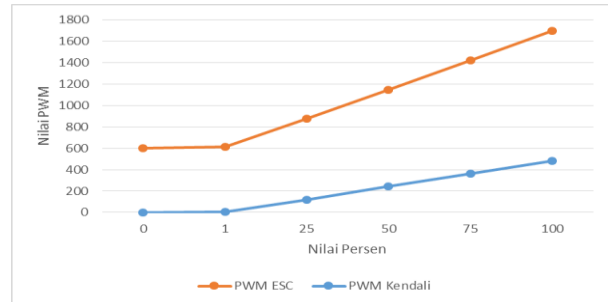
Kendali nilai *input* dan *output* dari arduino dengan RC (Gambar 8 dan Tabel I) dan ESC menggunakan nilai optimal PWM masing – masing (Gambar 10). Untuk kendali *input* dari RC memiliki rentang nilai terkecil hingga terbesar yaitu 0 sampai 485. Untuk nilai PWM *output* kendali ESC memiliki rentang nilai terkecil hingga terbesar yaitu 600 sampai 1700 (Gambar 9 dan Tabel I).



Gambar 8. Grafik persentase tuas kendali dengan nilai pwm kendali



Gambar 9. Grafik persentase tuas kendali dengan nilai pwm esc



Gambar 10. Grafik persentase nilai pwm kendali dengan pwm esc

TABEL I  
PERSENTASE TUAS KENDALI DENGAN NILAI PWM

Persentase tuas kendali	Nilai PWM RC	Nilai PWM kendali motor
0 %	0 cm	600
1 %	20 cm	611
25 %	40 cm	875
50 %	60 cm	1150
75 %	80 cm	1452
100 %	90 cm	1700

### D. Pembahasan kecepatan robot

Robot ini memiliki kecepatan yang tidak konstan karena mengikuti perintah dari *remote control* yang dikendalikan oleh operator sehingga kecepatan dapat disesuaikan dengan keinginan operator. Maka dari itu yang akan dibahas adalah kecepatan tertinggi dari robot ini.

#### 1.)Kecepatan maju robot

Pada saat bergerak maju yang dihitung adalah waktu dan jarak tempuh dari robot (Tabel II) sehingga untuk

mendapatkan kecepatan dari robot ini perlu dihitung menggunakan rumus (10).

$$v = \frac{s}{t} \tag{10}$$

v = Kecepatan (*velocity*)

s = Jarak (*space*)

t = Waktu (*Time*)

Dalam pengambilan data yang dilakukan, hasil yang diperoleh dari 10 kali percobaan berbeda-beda karena pengaruh gelombang atau riak air yang menghambat kecepatan dari robot. Semakin banyak gelombang atau riak air semakin menghambat gerak robot, sebaliknya jika air dalam keadaan tenang maka robot dapat bergerak dengan kecepatan penuh.

1.) *Kecepatan menyelam dan naik ke permukaan*

Pada saat menyelam dan naik ke permukaan (Tabel III, IV dan V) dihitung sama seperti menghitung kecepatan rata - rata dan yang menghambat kecepatan saat menyelam maupun naik ke permukaan yaitu gelombang atau riak air dan perbedaan tekanan air yang semakin besar bila semakin dalam robot menyelam. Dari data yang diperoleh terlihat bahwa perbandingan kecepatan robot untuk menyelam dengan kecepatan robot naik ke permukaan secara garis besar sama ditunjukkan pada Gambar 11.

TABEL II  
DATA KECEPATAN ROBOT MAJU

Jarak (meter)	Waktu (detik)	Kecepatan (m/s)
1m	4.6	0.217 m/s
1m	4.9	0.204 m/s
1m	5.0	0.2 m/s
1m	5.3	0.188 m/s
1m	5.4	0.185 m/s
1m	6.2	0.161 m/s
1m	6.4	0.156 m/s
1m	6.2	0.161 m/s
1m	7	0.142 m/s
1m	5.5	0.181 m/s

TABEL III  
DATA KECEPATAN ROBOT MENYELAM

Jarak (meter)	Waktu (detik)	Kecepatan (m/s)
1.3m	12.3	0.105 m/s
1.3m	11.1	0.117 m/s
1.3m	12.0	0.106 m/s
1.3m	11.9	0.109 m/s
1.3m	11.0	0.118 m/s
1.3m	12.0	0.108 m/s
1.3m	11.5	0.113 m/s
1.3m	11.7	0.111 m/s
1.3m	11.6	0.112 m/s
1.3m	12.1	0.107 m/s

Tekanan air berpengaruh tidak hanya pada penyelaman tapi berpengaruh juga pada proses robot naik ke permukaan.

2.) *Kecepatan sudut robot*

Pada saat berbelok yang dihitung adalah waktu dan sudut tempuh dari robot sehingga untuk mendapatkan kecepatan sudut dari robot ini perlu dihitung menggunakan rumus (11).

$$W = \frac{\text{sudut tempuh}}{\text{waktu tempuh}} \tag{11}$$

w = Kecepatan Sudut

$$1^\circ = \pi / 180$$

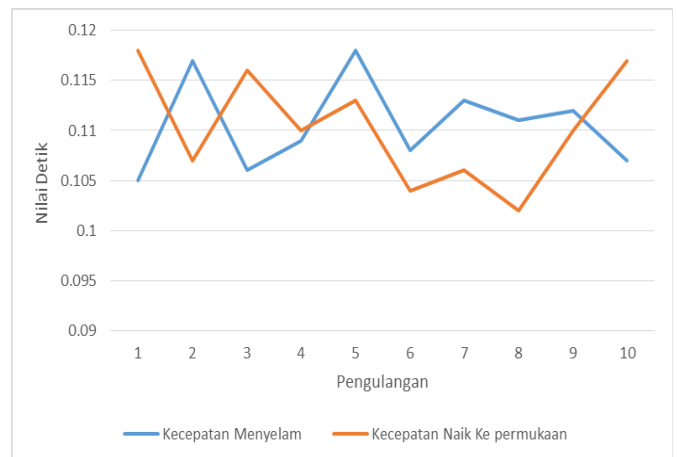
Dalam pengambilan data yang dilakukan, hasil yang diperoleh dari 10 kali percobaan berbeda-beda karena pengaruh gelombang atau riak air yang menghambat robot berbelok.

E. *Pembahasan kamera robot*

Robot bawah air ini menggunakan kamera jenis FPV (*First Person View*) yang biasa digunakan oleh *drone* pada umumnya. Hasil dari kamera ini ditampilkan langsung di monitor bawaan dari *receiver* video. Berikut ini hasil dan bahasannya.

TABEL IV  
DATA KECEPATAN ROBOT NAIK KE PERMUKAAN

Jarak (meter)	Waktu (detik)	Kecepatan (m/s)
1.3m	11.0	0.118 m/s
1.3m	12.1	0.107 m/s
1.3m	11.2	0.116 m/s
1.3m	11.8	0.110 m/s
1.3m	11.5	0.113 m/s
1.3m	12.5	0.104 m/s
1.3m	12.2	0.106 m/s
1.3m	12.7	0.102 m/s
1.3m	11.8	0.110 m/s
1.3m	11.1	0.117 m/s



Gambar 11. Grafik perbandingan kecepatan menyelam dan naik

TABEL V  
DATA KECEPATAN ROBOT MENYELAM

Sudut (°)	Waktu (detik)	Kecepatan ( $\pi$ rad/s)
		$0.151 \pi$ rad/s
90°	3.3	$0.151 \pi$ rad/s
90°	4.0	$0.151 \pi$ rad/s
90°	4.5	$0.151 \pi$ rad/s
90°	3.9	$0.151 \pi$ rad/s
90°	3.4	$0.151 \pi$ rad/s
90°	3.8	$0.151 \pi$ rad/s
90°	3.6	$0.151 \pi$ rad/s
90°	4.3	$0.151 \pi$ rad/s
90°	4.2	$0.151 \pi$ rad/s
90°	3.5	$0.151 \pi$ rad/s
		$0.151 \pi$ rad/s

Dari percobaan yang dilakukan, kedalaman maksimum yang dapat di jangkau secara langsung oleh kamera yaitu 40cm (Gambar 12). Jarak dari operator dengan posisi robot 270 cm<sup>2</sup>. Maka jarak dari operator dengan kamera yaitu 272.946 cm<sup>2</sup>. Hasil didapat dari menghitung garis miring dari jarak kedalaman dengan jarak posisi robot  $\sqrt{40\text{cm}^2 + 270\text{cm}^2} = \sqrt{72900 + 1600} = \sqrt{74500} = 272.946$  cm<sup>2</sup>.

Dari hasil pengambilan data pengamatan dengan kamera ini mendapat hasil yang baik ketika jarak kedalaman dari robot kurang dari 40cm (Gambar 13). untuk jauh jarak operator dengan posisi robot dapat mengikuti jangkauan sinyal. Kedalaman jangkauan sinyal pemancar video ini di tambah menggunakan kabel agar mendapat jangkauan yang lebih dalam. Namun kabel yang tidak sesuai sangat mempengaruhi sinyal pemancar video ini. Sehingga kedalaman maksimum yang dijangkau yaitu 40cm. Hasil tampilan monitor buram ketika robot berada di kedalaman lebih dari 40cm. Sinyal yang dipancarkan dari pemancar video yang ada di dalam robot tidak diterima oleh penerima video pada monitor operator.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian, perancangan, pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa, dalam pengujian pergerakan robot di dalam air dengan keadaan melayang mampu meringankan kerja motor. Berat robot dan gelombang riak air sangat mempengaruhi keadaan di dalam air yang juga mempengaruhi kecepatan pergerakan dari robot bawah air ini. Kecepatan robot saat menyelam maupun kembali naik ke permukaan sesuai percobaan secara garis besar sama .

##### B. Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut kedepannya disarankan untuk menggunakan motor tahan air dan anti karat yang memiliki torsi dan kecepatan yang lebih besar, agar lebih cepat dalam pergerakan di dalam air.

#### V. KUTIPAN

- [1] Sekolah Robot. (2018, Februari 24). Modul Robot Underwater Sekolah Robot Indonesia [Online]. Tersedia di : <http://sekolahrobot.com/modul-robot-underwater-sekolah-robot-indonesia.html>



Gambar 12. Tampilan monitor saat robot di kedalaman kurang dari 40cm



Gambar 13. Tampilan monitor saat robot di kedalaman lebih dari 40cm

- [2] Fisika Zone. (2018, Februari 24). Hukum Archimedes [Online]. Tersedia di : <http://fisikazone.com/hukum-archimedes/> (hukum archimedes)
- [3] Kinematika Gerak.. (2018, Februari 26). Rumus Kecepatan, Jarak dan Waktu [Online]. Tersedia di : <http://fismath.com/rumus-kecepatan-jarak-dan-waktu/>
- [4] Ukuran Dan Satuan. (2018, Februari 26). Cara Menghitung Kecepatan Sudut dan Kecepatan Linear Benda Yang Bergerak Melingkar [Online]. Tersedia di : <http://ukurandansatuan.com/cara-menghitung-kecepatan-sudut-dan-kecepatan-linear-benda-yang-bergerak-melingkar.html/>
- [5] Rumus Rumus. (2018, Februari 26). Dalil Pythagoras Dalam Ilmu Matematika [Online]. Tersedia di : <http://rumusrumus.com/rumus-dalil-pythagoras/>
- [6] M. F. Rosevel, Pengendalian Lengan Robot Pemindah Objek Dengan Smartphone Android, *Skripsi* Program S1, Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi, Manado, 2015.
- [7] Beli. (2018, Februari 24). Remote Control Flysky FS I6 [Online]. Tersedia di : <https://www.beli.com/p/hobi/mainan/remote-control/b/flysky/flysky-fs-i6/>



Penulis bernama lengkap Yogie Junan, anak Kedua dari tiga bersaudara. Lahir di Kota Ambon pada tanggal 20 Oktober 1993. Yang pada saat ini beralamat di Desa Kawangkoan baru Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara. Sekolah pertama tempat belajar adalah TK Katolik Xaverius Ambon (1998-1999) kemudian SD Katolik St. Theresia Malalayang (1999-2000) dan SD Katolik Xaverius 7 Kairagi (2000-2005) selanjutnya SMP St. Laurentius Manado (2005-2008) dan SMA Fr. Don Bosco Manado (2008-2011). Tahun 2012, penulis melanjutkan studi di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado. Pada tahun 2014, penulis memilih konsentrasi minat Teknik Kendali. Penulis melaksanakan kerja praktek di PT. Meares Sopotan Mining selama 2 bulan dan melaksanakan Kuliah Kerja Terpadu angkatan 111 di desa Serei Kabupaten Minahasa Utara Kecamatan Likupang Barat dan selesai melaksanakan studi S1 di Teknik Elektro pada Februari 2018. Penulis aktif dalam mengembangkan teknologi robotika di Universitas Sam Ratulangi. Penulis pernah menjadi ketua Tim Robot EURO Perdana mulai tahun 2013 hingga 2014.