

## BAB IV

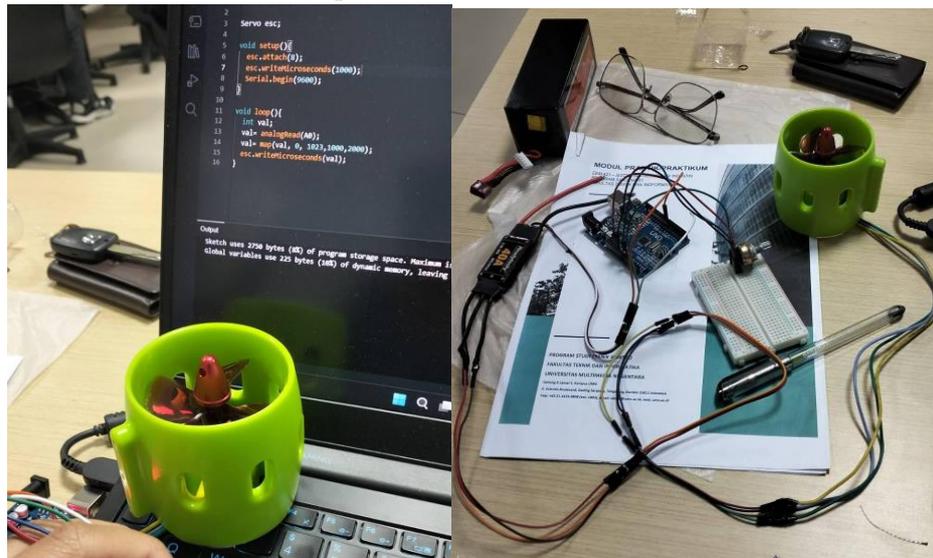
# KELENGKAPAN ANALISIS DAN KEBERHASILAN PENGUJIAN ROBOT

### A. Analisis Komponen

#### a. Raspberry Pi Pico

Raspberry Pi Pico sebagai mikrokontroler dilakukan pengujian dengan menggunakan aplikasi Thonny dengan cara diprogram dengan bahasa *micropython*. Pengujian ini dilakukan dengan cara membuat *blink* dan mencetak tulisan “*hello world*”. Dari hasil pengujian ini, Raspberry Pi Pico dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan untuk pengembangan robot.

#### b. ESC 40A 2-4S LiPo dan *Propeller* LW001 12-24V



Gambar 4.1 : Rangkaian pengujian ESC 40A 2-4S Lipo dan *Propeller* LW001 12-24V

Berdasarkan gambar 4.1, ESC digunakan untuk mengatur kecepatan putar *propeller*. Mikrokontroler mengirimkan sinyal PWM dan *propeller* akan berputar sesuai dengan input PWM nya. Dalam rangkaian pengujian ini, PWM diatur dengan menggunakan potentiometer. Dari hasil pengujian, ESC dapat bekerja dengan baik karena dapat membunyikan suara startup melalui *propeller* dan mengatur kecepatan putar *propeller*. *Propeller* juga dapat berfungsi dengan baik.

#### c. *Driver Dual H-Bridge* L298N dan 12V DC motor *with gearbox*

*Driver* L298N memiliki fungsi untuk mengontrol kecepatan dari motor DC serta mengatur arah perputaran dari Motor DC. Motor DC terdapat dalam sistem *ballast tank*. L298N akan memberikan instruksi untuk motor DC berputar *clockwise* untuk menarik air dan L298N akan memberikan instruksi untuk motor DC berputar *counter counter-clockwise* untuk mengeluarkan air dari *ballast*. Pada saat pengujian, kedua motor dapat berputar secara bersamaan

dengan kecepatan yang diinginkan. Inovasi Robot..., Surya Adi Nurizqi, Universitas Multimedia Nusantara

d. Sensor MPX5050DP

Sensor ini memiliki dua lubang untuk mendeteksi perbedaan tekanan. Pada saat pengujian sensor dapat membaca perubahan tekanan melalui melalui pengujian dengan memberikan udara bertekanan (dengan cara ditiup) dan ruang hampa buatan (dengan cara dihisap).



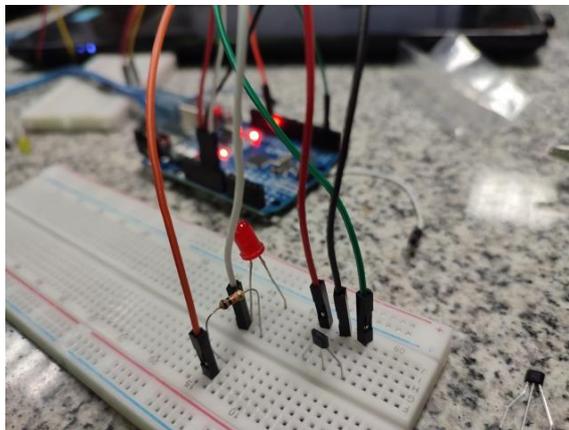
Gambar 4.2 : Komponen MPX5050DP

Berdasarkan gambar 4.2, bahwa selang pendek digunakan sebagai pembanding tekanan dengan selang panjang.

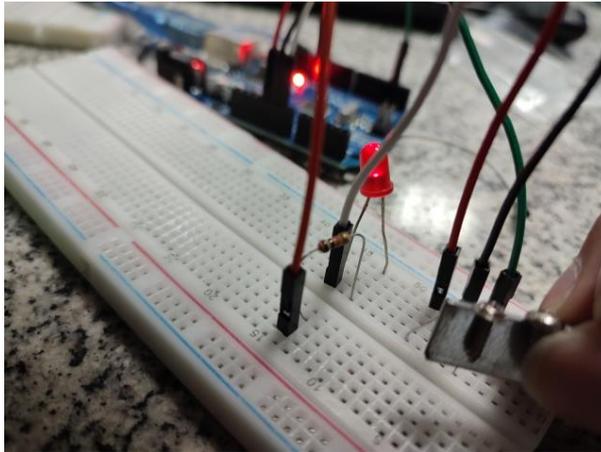
e. Sensor MPU6050

Pada pengujian MPU6050, sensor dapat mengukur kemiringan pada sumbu X, Y, dan Z (*roll, pitch, yaw*) serta mengukur akselerasi pada sumbu X, Y, dan Z.

f. Sensor *Hall Effect* A3144



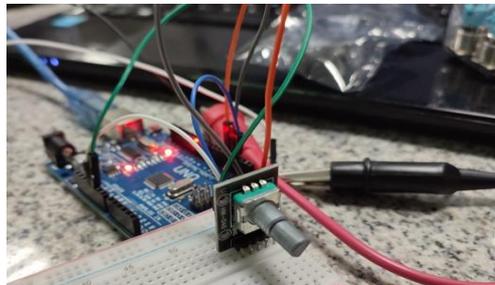
Gambar 4.3 : Hasil pengujian *hall effect sensor* tanpa menggunakan magnet.



Gambar 4.4 : Hasil pengujian *hall effect* sensor dengan menggunakan magnet

Berdasarkan gambar 4.3 dan 4.4, menunjukkan bahwa *hall effect sensor* mendeteksi perubahan medan magnetik. Saat pengujian keberhasilan dilihat menggunakan *light emitting diode* atau LED. Ketika magnet didekatkan, sensor membaca perubahan medan magnetik dan LED menyala. Demikian juga sebaliknya ketika medan magnet tidak terdeteksi, maka LED akan mati.

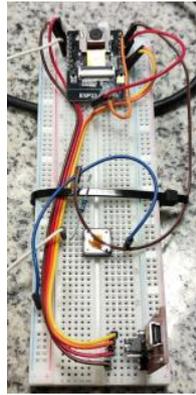
g. Sensor *Rotary Encoder* KY-04



Gambar 4.5 : Pengujian *encoder* KY-40.

Berdasarkan gambar 4.5, sensor *Rotary Encoder* KY-04 digunakan untuk mengetahui posisi *ballast*. Dalam pengujian, *encoder* dapat membaca arah putaran dari *encoder*.

h. *Board* ESP32-Cam dan kamera OV5640AF



Gambar 4.6 : Rangkaian pengujian Board ESP32-Cam dan kamera OV5640AF

Berdasarkan gambar 4.6, Board ESP32-Cam dimodifikasi dengan menghubungkan pin kamera terakhir dengan 3,3V yang bertujuan untuk memberi daya untuk kemampuan *autofocus* kamera. Dari hasil pengujian, kamera dapat mengambil gambar dan dengan baik menggunakan kemampuan autofokusnya. Board ESP32-Cam sudah dapat dihubungkan dengan mikrokontroler raspberry pi pico dalam hal memberi perintah untuk mengambil gambar, sedangkan untuk perintah pengaturan pengambilan dan *autofocus* langsung dilakukan di *board* ESP32-Cam. Gambar 4.7 merupakan hasil pengambilan gambarnya.



Gambar 4.7 : Hasil pengambilan gambar dari ESP32-Cam dan kamera OV5640AF

i. Sensor MaxSonar MB1003 HRLV



Gambar 4.8 : Pengujian sensor sonar MB1003 HRLV.

Berdasarkan gambar 4.8, sensor MaxSonar memberikan output berupa tegangan yang dapat dikonversi menjadi jarak. Dari hasil pengujian, sensor ini tidak dapat memberikan *output* tegangan yang berubah-ubah sesuai jarak namun hanya mengulang ulang hasil *output* tegangan saja. Sehingga sensor ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jarak.

j. Sensor JSN-SR04T

Sensor ini merupakan sensor *waterproof* yang digunakan untuk sensor jarak di sisi kanan dan kiri robot. Dari hasil pengujian, dari dua sensor yang dimiliki, kedua sensor mengalami kerusakan berupa data hasil pengukuran tidak sesuai dengan jarak sebenarnya. Data yang dikeluarkan statis pada nilai 0 atau angka lainnya. Setelah dilakukan beberapa pengecekan, dari kepala sensornya masih menyala (dapat mengirimkan gelombang *ultrasonic*, dapat diamati dari bunyi “tik-tik” pada sensor) namun setelah dilakukan pengecekan serial, sensor tidak dapat menerima sinyal pantulnya atau *board* JSN-SR04T tidak dapat meneruskan sinyal pantul ke mikrokontroler.

k. Sensor A02YYUW

Sensor ini menggunakan mekanisme yang berbeda dengan sensor ultrasonic pada umumnya yang terdapat *trigger* dan *echo*. Pada saat pengujian di udara, sensor ini dapat membaca jarak dengan baik dengan perbedaan kurang lebih 2 cm dengan jarak sebenarnya. Meskipun sensor ini *waterproof*, namun sensor tidak dapat mengukur jarak di dalam air. Hal ini disebabkan oleh sensor ini memiliki *serial interface* yang khusus sehingga tidak dapat mengubah perhitungan untuk kecepatan rambat suara di air.

1. Lampu LED strobo

Pada pengujian komponen ini, dihubungkan dengan *power supply* dan lampu dapat menyala dan berkedip.

Sesuai dengan komponen yang digunakan, tabel 4.1 menunjukkan besar arus yang digunakan pada setiap komponen.

Tabel 4.1 : Arus komponen

Jenis Komponen	Nama Komponen	Arus
Mikrokontroler	Raspberry Pi Pico	0.48 A
Aktuator	3 x <i>Propeller</i>	2 x 17 = 34 A
	2 x Motor DC	1.8 A
Sensor	MPX5050DP	0.007 A
	MPU6050	0.01 A
	A3144	0.5 A
	MB1003-HRLV	0.0031 A
	JSN-SR04T	0.03 A
	A02YYUW	0.008 A
Kamera	ESP32-Cam dan OV5640AF	0.25 A
LED	<i>Truck Warning Light Modified Single Row Strobe</i>	0.75 A
Total		37.8381 A

Perhitungan Baterai

$$5200 \text{ mAh} = 5.2 \text{ A}$$

$$5.2 \text{ A} : 37.8381 \text{ A} = 0.1374276192514952$$

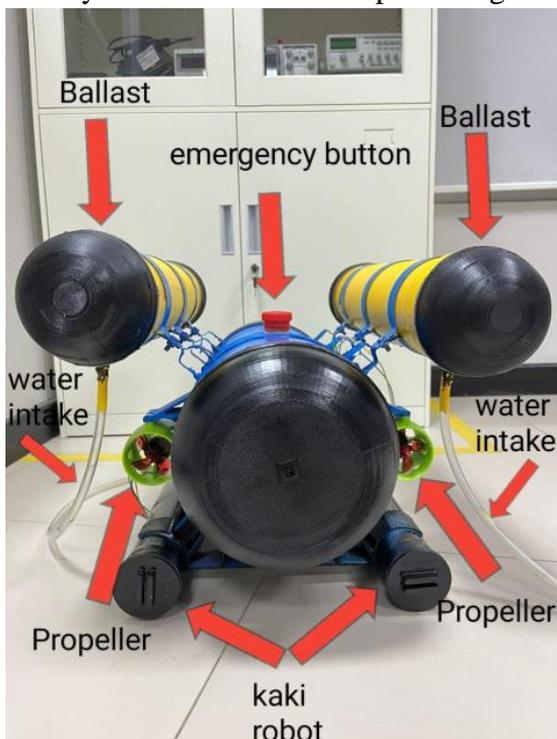
$$0.1374276192514952 \times 60 = 8.245657155089711 \text{ menit}$$

Dengan semua komponen menyala, melalui perhitungan total arus maksimal dari seluruh komponen, dapat diketahui bahwa dengan menggunakan baterai LiPo 4S 5200mAh akan bertahan selama 8 menit. Berikut merupakan tabel arus dari tiap komponen.

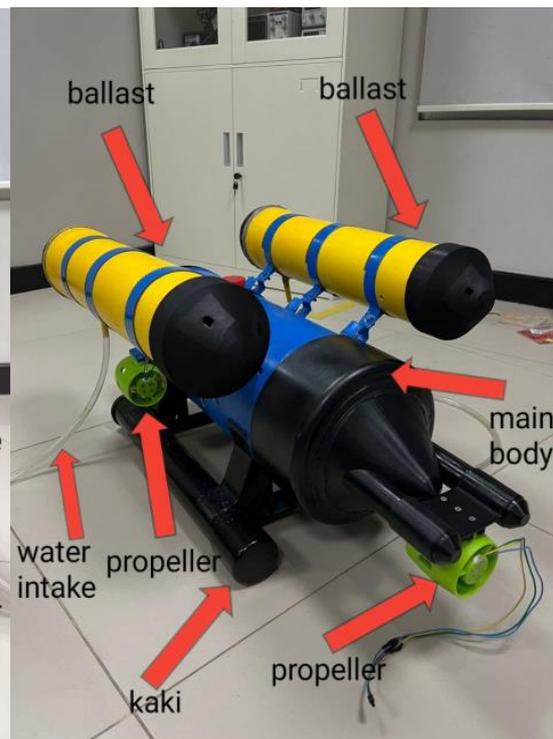
## B. Keberhasilan Penelitian Robot

Dalam penelitian robot Hydra ini, terdapat beberapa keberhasilan yang sudah berhasil dilakukan. Salah satu keberhasilan yang sudah dicapai pada penelitian ini adalah keberhasilan dalam pembuatan mekanisme *ballast*. Mekanisme *ballast* yang dibuat mampu untuk menggerakkan *plunger* untuk bergerak mundur untuk menghisap air dan bergerak maju untuk mengeluarkan air. Keberhasilan mekanisme *ballast* ini diuji dengan menghisap balon yang diletakan pada ujung tangki *ballast*. Terbukti bahwa mekanisme *ballast* yang dibuat mampu untuk menghisap balon ketika *plunger ballast* digerakkan mundur sehingga balon akan terhisap kedalam tangki *ballast* dan tidak mudah untuk ditarik keluar secara paksa dengan menggunakan tangan. *Plunger ballast* harus digerakkan maju agar balon dapat dikeluarkan dari tangki *ballast*.

Selain keberhasilan pada pembuatan mekanisme *ballast*, keberhasilan lainnya pada penelitian robot ini terdapat pada pembuatan tubuh robot. Robot Hydra ini dibuat dengan bahan utama berupa pipa PVC pada kaki, *ballast*, serta tubuh utama dan bahan pendukung berupa filamen berbahan PLA+ dan PETG pada penutup tubuh utama, ekor, beberapa bagian mekanisme *ballast*, kerucut pada belakang *ballast*, kubah pada bagian depan *ballast*, kubah pada bagian depan badan utama, serta penyambung kaki dengan tubuh utama. Material lainnya berupa pipa akrilik yang ada di dalam mekanisme *ballast* dan pipa *vinyl* untuk pelindung kabel antara kabel *propeller* dan kabel mekanisme *ballast*. Keberhasilan pemasangan tubuh robot ini berhasil dari pengujian kebocoran pada tubuh utama dengan mengisi air kedalam tubuh robot dan ditutup dengan penutup yang dibuat dari 3D printer. Terbukti bahwa air yang berada di dalam tubuh utama tidak bocor ke luar. Pengujian kebocoran juga dilakukan pada *plunger ballast* yang hasilnya sudah terbukti kedap air dengan memasukkan air kedalam *ballast*.

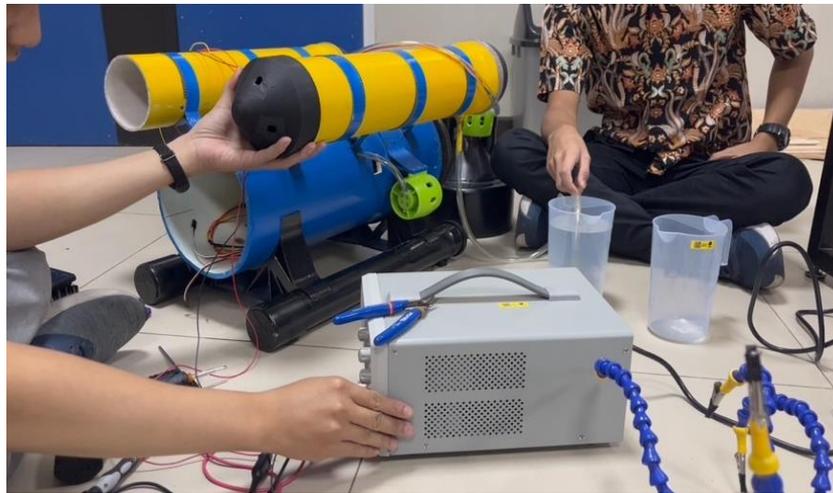


Gambar 4.9 : HYDRA tampak depan



Gambar 4.10 : HYDRA diagonal belakang

Berdasarkan gambar 4.9 dan 4.10 robot disusun dari tiga bagian, yaitu *main body*, dua *ballast*, dan dua kaki. Pada bagian *main body* terdapat *emergency button*, *propeller* pada bagian kiri, kanan, dan belakang pada bagian robot. Lalu pada bagian *ballast* terdapat mekanisme *ballast* yang terdiri dari *plunger*, motor dc, *encoder*, dan *threaded rod*. *Ballast* ini dipasangkan dengan *main body* menggunakan *clamp* pipa. Pada bagian kaki dipasangkan dengan *main body* menggunakan *3D printing*.



Gambar 4.11 : Pengujian *ballast*

Berdasarkan gambar 4.11, pengujian *ballast* dilakukan dengan menggunakan *power supply* sebagai sumber daya dari motor DC untuk menggerakkan *ballast*. *Ballast* diuji dengan menggunakan air yang terdapat didalam teko sebanyak 1 liter. Ketika *power supply* dinyalakan dengan tegangan 12V dan ampere di *setting* pada maksimal 1 ampere, motor DC akan menggerakkan *plunger* sehingga *plunger* akan menarik air menggunakan selang.

Gambar 4.12 menunjukkan *plunger ballast* tipe 1. *Plunger* ini terbuat dari pipa akrilik, *3D print*, dan karet.



Gambar 4.12 : Pengujian kebocoran *ballast* tipe 1

Hasil pengujian kebocoran *plunger ballast* tipe 1, dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 : Kebocoran *ballast* tipe 1

Kebocoran Ballast		
Pengujian ke-	Pengujian	Hasil
1	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
2	Mengeluarkan Air	Terdapat kebocoran air
3	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
4	Mengeluarkan Air	Terdapat kebocoran air
5	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
6	Mengeluarkan Air	Terdapat kebocoran air
7	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
8	Mengeluarkan Air	Terdapat kebocoran air
9	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
10	Mengeluarkan Air	Terdapat kebocoran air

Berdasarkan 10 kali percobaan pada tabel 4.2, *plunger ballast* tipe 1 mampu menarik air dengan tingkat keberhasilan sebesar 100% tetapi mengalami kebocoran saat menarik air dengan tingkat kegagalan sebesar 100%. Hal ini terjadi karena karet *O-ring* kurang fleksibel, sehingga *plunger ballast* tidak bisa menutup pipa *ballast* secara sempurna.

Gambar 4.13 menunjukkan *plunger ballast* tipe 2. *Plunger* ini terbuat dari pipa akrilik, dan 3D *print*.



Gambar 4.13 : Pengujian kebocoran ballast tipe 2

Hasil pengujian kebocoran *plunger ballast* tipe 2, dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 : Kebocoran *ballast* tipe 2

Kebocoran Ballast		
Pengujian ke-	Pengujian	Hasil
1	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
2	Mengeluarkan Air	Tidak ada kebocoran air
3	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
4	Mengeluarkan Air	Tidak ada kebocoran air
5	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
6	Mengeluarkan Air	Tidak ada kebocoran air
7	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air

8	Mengeluarkan Air	Tidak ada kebocoran air
9	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
10	Mengeluarkan Air	Tidak ada kebocoran air

Berdasarkan 10 kali percobaan pada tabel 4.3, *ballast* tipe 2 berhasil menarik dan mengeluarkan air tanpa mengalami kebocoran. Hasil pengujian pada tabel 4.3 dilakukan dengan memasukkan *plunger* secara manual ke dalam pipa *ballast*. Namun, pengujian tidak bisa dilakukan ketika menggunakan motor DC karena gaya gesek yang dihasilkan oleh *plunger* lebih besar dari kemampuan motor untuk menggerakkan *plunger* sehingga motor tidak dapat digunakan untuk mendorong dan menarik *plunger*.

Gambar 4.14 menunjukkan *plunger ballast* tipe 3. *Plunger* ini terbuat dari pipa akrilik, 3D *print*, dan karet.



Gambar 4.14 : Pengujian kebocoran *ballast* tipe 3

Hasil pengujian kebocoran *plunger ballast* tipe 3, dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 : kebocoran *ballast* tipe 3

Kebocoran Ballast		
Pengujian ke-	Pengujian	Hasil
1	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
2	Mengeluarkan Air	Tidak ada kebocoran air
3	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
4	Mengeluarkan Air	Tidak ada kebocoran air
5	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
6	Mengeluarkan Air	Tidak ada kebocoran air
7	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
8	Mengeluarkan Air	Tidak ada kebocoran air
9	Menarik Air	Tidak ada kebocoran air
10	Mengeluarkan Air	Tidak ada kebocoran air

Berdasarkan 10 kali percobaan pada tabel 4.4, *ballast* tipe 3 berhasil menarik dan mengeluarkan air tanpa mengalami kebocoran. *Plunger ballast* tipe 3 lebih fleksibel daripada *plunger ballast* tipe 1 sehingga tidak mengalami kebocoran saat menarik dan mengeluarkan air. Selain itu, *plunger ballast* tipe 3 memiliki gaya gesek yang lebih kecil daripada *plunger ballast* tipe 2 sehingga motor dapat menggerakkan *plunger ballast* tipe 3.

Pengujian *ballast* tipe 3 dilakukan dengan menggunakan *power supply*. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 : Hasil pengujian *ballast*

Kebocoran Ballast		
Pengujian ke-	Pengujian	Hasil (ml)
1	Menarik Air	400
2	Menarik Air	600
3	Menarik Air	300
4	Menarik Air	500
5	Menarik Air	550
6	Menarik Air	700
7	Menarik Air	600
8	Menarik Air	600
9	Menarik Air	450
10	Menarik Air	500
Rata-rata		520

Berdasarkan tabel 4.5, *ballast* berhasil menarik air tetapi mengalami perubahan jumlah volume air yang ditarik pada setiap percobaan. Hal ini dapat terjadi karena terdapat ruangan kosong di bagian depan *ballast*, sehingga air dari pengujian sebelumnya masih terdapat di dalamnya atau tidak terbang secara sempurna.

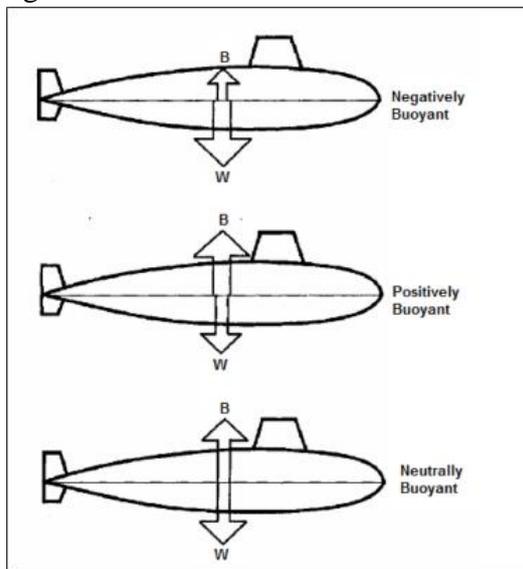
#### **Dasar Teori *Hardware Ballast***

Terdapat dua cara untuk robot dapat menyelam ke dalam air, yaitu dengan cara dinamis dan statis. Sistem dinamis merupakan sistem dengan metode penyelaman robot menggunakan sirip atau *hydroplane*. Metode ini dibantu dengan menggunakan kecepatan dari robot tersebut yang bertujuan untuk membantu pergerakan robot sehingga dapat menyelam dan mengapung di air. Sistem statis merupakan metode penyelaman dengan cara mengubah berat dari robot, misalnya dengan cara mengisi tangki *ballast* untuk melakukan pergerakan penyelaman dan memompa air dari tangki *ballast* keluar untuk melakukan pergerakan mengapung.



Gambar 4.15 : HYDRA tampak atas

Berdasarkan gambar 4.15, 2 buah *ballast* digunakan untuk robot dapat bermanuver dengan stabil. Penggunaan 2 buah *ballast* sesuai dengan teori *buoyancy* pada gambar 4.16. Teori ini digunakan sehingga robot dapat menyelam, mengapung, dan naik ke permukaan dengan baik.



Gambar 4.16 : Teori *buoyancy*

Berdasarkan gambar 4.16, maka HYDRA dapat menyelam, mengapung, dan naik ke permukaan dengan menggunakan rumus berikut.

#### 1. Tenggelam

Sebuah benda yang dicelupkan ke dalam zat cair akan tenggelam jika berat benda ( $W$ ) lebih besar dari gaya ke atas ( $F_B$ ).

$$W > F_B$$

$$\rho_b \times V_b \times g > \rho_a \times V_a \times g$$

$$\rho_b > \rho_a$$

Volume bagian benda yang tenggelam bergantung dari rapat massa zat cair ( $\rho$ ).

2. Melayang

Sebuah benda yang dicelupkan ke dalam zat cair akan melayang jika berat benda ( $W$ ) sama dengan gaya ke atas ( $F_B$ ) atau benda tersebut tersebut dalam keadaan setimbang.

$$W = F_B$$

$$\rho_b \times V_b \times g = \rho_a \times V_a \times g$$

$$\rho_b = \rho_a$$

3. Terapung

Sebuah benda yang dicelupkan ke dalam zat cair akan terapung jika berat benda ( $W$ ) lebih kecil dari gaya ke atas ( $F_B$ ).

$$W < F_B$$

$$\rho_b \times V_b \times g < \rho_a \times V_a \times g$$

$$\rho_b < \rho_a$$

4. Massa jenis *ballast*

Persamaan untuk perhitungan volume *ballast* adalah sebagai berikut:

$$V_B = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$V_B$  = Volume *ballast* (L)

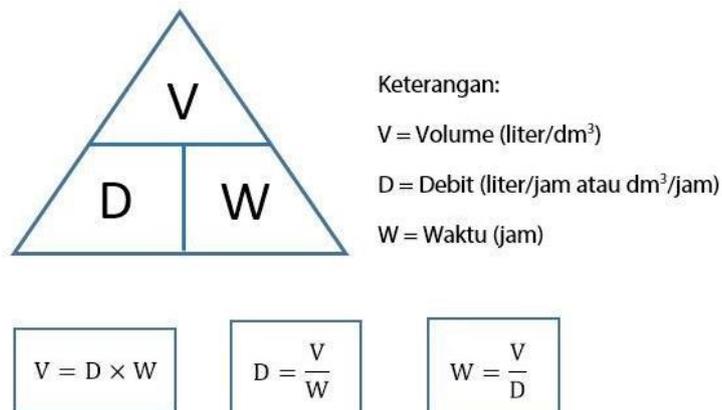
$\pi$  = Konstanta phi

$r$  = Jari-jari tabung *ballast* yang digunakan (m)

$t$  = Panjang dari *ballast* yang digunakan (m)

5. Debit air

Debit air yang dihisap ke dalam *ballast* dapat dihitung menggunakan rumus pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 : Rumus perhitungan debit air masuk melalui pipa

Sumber : <https://www.idntimes.com/science/discovery/cynthia-nanda/rumus-debit-air-volume-waktu-dan-contoh-soal>

Berdasarkan gambar 4.17, maka tingkat debit air dijelaskan sebagai berikut :

**Rumus Menghitung Debit Air**

Menghitung aliran debit air menggunakan rumus berikut:

$$\text{Debit} = \text{Volume Aliran} / \text{Waktu Aliran}$$

Satuan debit adalah satuan volume per satuan waktu.

### **Rumus Menghitung Waktu Aliran**

Menghitung waktu aliran air menggunakan rumus berikut:

$$\text{Waktu Aliran} = \text{Volume Aliran} / \text{Debit}$$

### **Rumus Menghitung Volume Aliran**

Menghitung volume aliran menggunakan rumus berikut:

$$\text{Volume Aliran} = \text{Debit} \times \text{Waktu Aliran}$$

### **C. Kekurangan Robot**

Selain memiliki batasan, robot Hydra ini juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya robot Hydra ini tidak memiliki sensor internal yang dapat mendeteksi adanya kebocoran pada bagian dalam robot sehingga tidak dapat diketahui apakah adanya kebocoran pada robot selama robot beroperasi di bawah air. Robot Hydra ini tidak memiliki sensor jarak yang dipasangkan pada bagian belakang, bawah robot, serta samping tubuh robot sehingga tidak dapat mendeteksi halangan pada belakang, bawah, serta samping robot. Selain dari minimnya sensor yang digunakan, *rotary encoder* yang digunakan untuk mengetahui posisi *ballast* memiliki ketelitian yang kecil karena jarak antar posisi stabil (posisi “klik”) yang jauh.

Robot Hydra yang dibuat juga memiliki kekurangan pada sistem pergerakannya, Robot Hydra ini hanya dapat bergerak maju serta mundur pada sumbu y, dan berbelok ke arah kiri serta kanan saja pada bidang xy dikarenakan robot Hydra digerakkan dengan 3 buah *propeller* yang diletakan pada sisi belakang serta pada sisi samping badan robot. Sehingga agar robot dapat bergerak pada sumbu z, robot Hydra ini mengandalkan sistem hisap pada *ballast* untuk bergerak ke atas ataupun ke bawah. Namun, karena mengandalkan sistem hisap dari *ballast* ini, pergerakan sumbu z pada robot ini tidaklah bagus karena menghasilkan pergerakan yang cukup lambat.

#### **D. Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil analisis pada Bab 4, dalam pembuatan Hydra : Inovasi Robot Otonom untuk Misi Eksplorasi Bawah Air dapat disimpulkan menjadi beberapa poin sebagai berikut:

1. Sensor jarak MB1003 HRLV dan JSN-SR04T mengalami kerusakan sehingga tidak dapat mengukur jarak.
2. Sensor jarak A02YYUW tidak dapat mengukur jarak di bawah air karena tidak dapat merubah perhitungan cepat rambat gelombang suara.
3. Sistem *ballast* robot Hydra berhasil melakukan penyedotan dengan menggunakan balon sebagai wadah untuk ditarik namun setelah melakukan beberapa kali percobaan.
4. Robot Hydra tidak dapat menghindari halangan karena sensor jarak yang digunakan tidak mampu melakukan pengukuran di bawah air.

#### **E. Saran**

Dari Kesimpulan yang telah dipaparkan, terdapat beberapa saran yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Mengganti sensor jarak dengan menggunakan kamera untuk mendeteksi halangan dan jarak di bawah air.
2. Mengganti mekanisme *ballast* aktif dengan menggunakan suntikan.
3. Menambahkan sensor yang dapat mendeteksi kebocoran di dalam robot.
4. Diperlukan riset terlebih dahulu dalam pemilihan material *plunger* agar pembuatan subsistem *ballast* tidak memerlukan waktu yang lama untuk pengujian sehingga tidak memakan waktu untuk pembuatan subsistem lainnya.