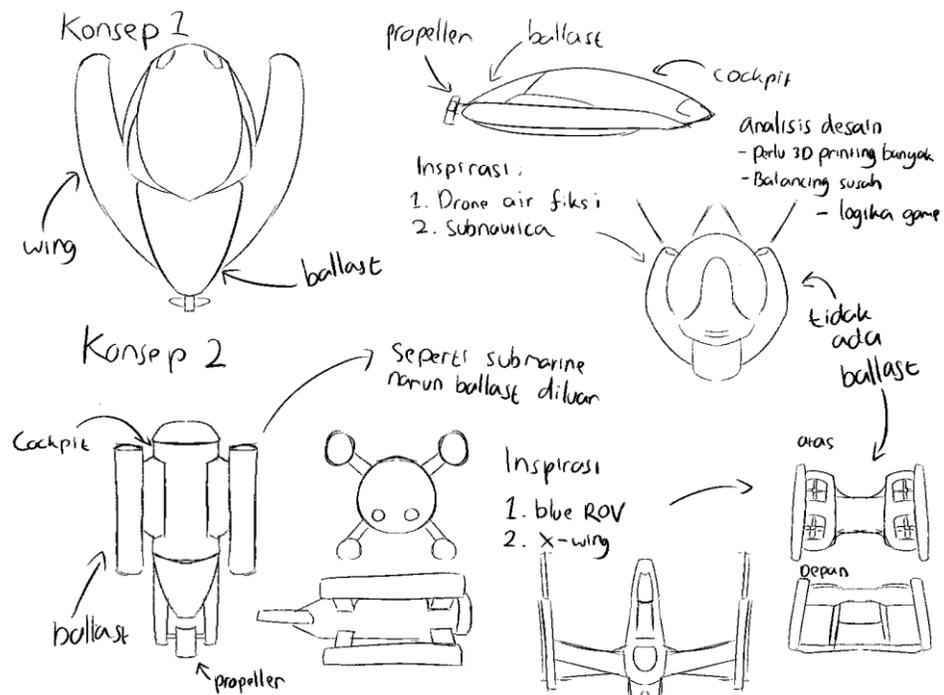


## BAB II DESIGN HARDWARE

### A. Desain Robot

Desain robot Hydra tidak mengambil inspirasi dari satu bentuk AUV secara spesifik namun hanya dari bentuk umum AUV yang sudah ada. Robot Hydra ini memiliki 2 konsep awal yang terinspirasi dari Subnautica berupa *submersible* Cyclops, dan dari film *Star Wars* berupa pesawat X-Wing. Konsep-konsep awal tersebut kemudian dikembangkan sehingga dapat diadaptasikan ke dalam robot bawah air yang unik sehingga menjadi 2 konsep yang berbeda secara drastis. Konsep 1 memiliki bagian utama yakni; *wing*, *ballast*, dan *cockpit*. Konsep 1 memiliki desain yang mirip seperti *submersible* pada umumnya dengan tambahan *wing*. Sementara itu, konsep 2 dikembangkan lebih lanjut menggunakan referensi Blue ROV, yang menghasilkan konsep memiliki bentuk lebih buldar seperti *submarine* namun *ballast* tidak berada di dalam badan utama seperti pada Blue ROV.



Gambar 2.1: Konsep-konsep akhir Hydra

Seperti yang dilihat pada konsep yang diilustrasikan pada gambar 2.1, kami memilih konsep 2 dengan beberapa pertimbangan. Pertimbangan utama adalah referensi Blue ROV yang sudah terbukti secara ilmiah dan telah dibuat secara komersil. Blue ROV memiliki bentuk yang cukup modular sehingga pengiriman Blue ROV terhadap pengguna dan pada saat tahap *assembly* lebih mudah untuk orang awam ataupun *hobbyist*. Terlebih

bentuknya yang modular membuat Blue ROV menjadi mudah untuk dikembangkan menggunakan modul lainnya seperti sebuah *claw/gripper* sebagai tambahan dalam opsi pembelian tergantung dengan kebutuhan pembeli. Terdapat juga beberapa opsi tambahan untuk memodifikasi Blue ROV dalam *website* pembelian Blue ROV terlihat dari gambar 2.3. Secara desain, kami ingin mengembangkan desain orisinal yang unik serta tanpa menghilangkan sistem modular yang Blue ROV miliki. Dengan kualitas modular tersebut, maka dihasilkan bentuk yang ada pada konsep 2.



Gambar 2.2: Blue ROV

Referensi: <https://bluerobotics.com/product-category/rov/>

## Accessories and Add-ons



Payload Skid



Fathom Spool



Outland Technology Power Supply for the BlueROV2



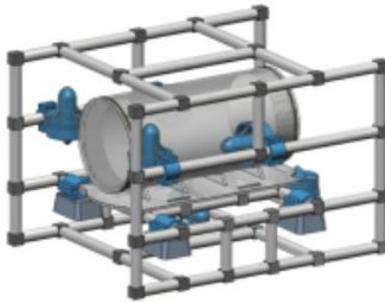
Newton Subsea Gripper

Gambar 2.3: Add-ons Blue ROV

Referensi: <https://bluerobotics.com/product-category/rov/>

Pertimbangan selanjutnya yang kami kaji adalah ketersediaan bahan. Blue ROV memiliki bahan yang sudah dibuat menggunakan alat spesifik seperti CNC (*computer numerical control*) *cutter*. Secara realistis, kami tidak bisa mengikuti proses produksi Blue ROV yang skala produksinya sudah menggunakan alat produksi berkelas industri. Oleh karena itu, kami memilih beberapa bahan pengganti dengan ketentuan seperti; tahan air, mudah dicari, murah, dan dapat dimodifikasi dengan mudah sesuai kebutuhan. Tim kami menggunakan pipa PVC untuk tubuh utama, *ballast*, dan kaki. PVC digunakan karena bagian-bagian robot tersebut perlu bersifat *rigid* dan *waterproof*. Bagian-bagian tersebut merupakan bagian robot yang paling penting karena berisi komponen kering dan menjadi bangun utama robot sehingga struktur harus kuat dan tahan air. Pipa PVC juga memiliki tutup standar yang dapat digunakan untuk menutup bagian pada PVC sehingga tim tidak

perlu mendesain mekanisme buka tutup secara detail untuk mendapatkan *enclosure* yang memiliki sifat *watertight*. Pipa PVC sudah terbukti memiliki struktur yang kuat untuk menahan *pressure* dari air berdasarkan penggunaan pipa PVC di berbagai bidang. Salah proyek AUV yang menggunakan pipa PVC adalah Milton dari *York University*. Bangun utama Milton menggunakan beberapa bagian dari Blue ROV yakni pada *enclosure* utama. Namun bagian struktur dibantu dengan pipa PVC 1 ½ inci yang dirangkai dengan bentuk kubus. *Propeller* pada Milton disangkutkan pada bagian pipa dengan konfigurasi mirip *Blue ROV*. Dari dokumentasi Milton yang terlihat di gambar 2.4, dapat disimpulkan Milton tetap dapat berfungsi dengan baik meskipun menggunakan pipa PVC. Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut, tim kami memilih menggunakan PVC sebagai struktur utama.



Gambar 2.4: Milton buatan York University

Referensi: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8078878>

Kemudian bahan kedua yang kami gunakan adalah *polyethylene terephthalate* (PETG) untuk membangun komponen yang perlu didesain secara spesifik. PETG dipilih karena sifatnya yang *hydrophobic* sehingga cocok untuk melengkapi desain *watertight* dari robot. Terlebih PETG merupakan bahan yang keras atau *durable* namun cukup mudah untuk dimanipulasi oleh *3D printer* sehingga bisa meminimalisir kesalahan dalam printing. Tidak hanya itu, PETG lebih murah secara harga dibandingkan alternatifnya. Gambar 2.5 mengilustrasikan tabel perbandingan PETG dengan beberapa bahan filamen *3D printing*.

3D Printer Filaments	Physical Properties									Special Properties
3D Printer Filaments	Ext. Temp.(°C)	Bed Temp.(°C)	Adhesion	Opacity	Solvent	Moisture	Strength	Flexibility	Durability	
ABS	220-230	80-110	Kapton	50-100%	Acetone	Low				strong, ductile
PLA	180-200	60-80	Blue Tape	50-100%	Ethyl Acetate	Low				Biodegradable
Polycarbonate	220-310	100-110	Glue Stick	50%	Dimethyl	Low				strong & very resistant
Nylon	240-260	60-80	PVA	75%	Xylenol	High				strong, durable, flexible
HIPS	210-230	110	Kapton	100%	Limonene	Low				Supporting Material
Carbon Fiber	195-220	45-55	Blue tape	100%	Ethyl Acetate	Low				Reinforced with Standard Filaments
Wood	200-230	90-110	Blue Tape	100%	Ethyl Acetate	Low				Wood Finish
Metal	190-230	Not required	Blue Tape	50-100%	No	Low				Metal Finish
Luminious	210-240	30-50	Blue Tape	75%	No	Low				Glows in the Dark
Conductive	225-260	90-100	Kapton	100%	Acetone	Low				Conductive

Gambar 2.5: Tabel perbandingan bahan 3D printing

Referensi: <https://resources.robokits.co.in/filaments-3-d-printer/>

Bagian yang menggunakan PETG adalah bagian *mount*, *cap*, *worm gear & wheel*, *bracket*, dan *hard-part* untuk plunger pada *ballast*. Untuk melakukan perancangan desain bagian tersebut dan robot secara keseluruhan, kami menggunakan *software* Autodesk Inventor dengan pertimbangan *software* tersebut memiliki fitur lebih banyak dibandingkan alternatifnya seperti Fusion 360. Mekanisme *ballast* pada robot Hydra dirancang dengan menggunakan lembaran karet gasket yang disambungkan pada lempengan *hard-part* yang dihubungkan dengan *threaded rod* dan pipa akrilik sehingga dapat bergerak dengan menggunakan motor *direct current* atau DC sebesar 12V yang dipasangkan pada *bracket*. Pada *bracket* sudah terdapat *encoder* untuk menghitung perputaran dari motor DC sehingga dapat mengetahui pergerakan dari *ballast*. Robot ini didesain dengan pemasangan 2 buah *ballast* pada bagian atas robot dan 1 *propeller* di bagian belakang serta 2 *propeller* di bagian samping, sehingga mampu bergerak pada sumbu y dan pada bidang xy dengan menggunakan *propeller*. Sementara itu, robot bergerak pada sumbu z dengan menggunakan *ballast* robot. Robot Hydra ini memiliki dimensi panjang x lebar x tinggi sebesar 730,63 mm x 477,92 mm x 307,5 mm.

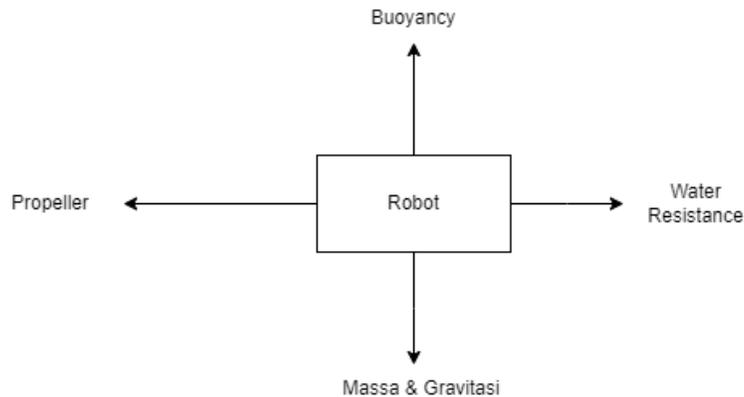


Gambar 2.6: Visualisasi Bentuk Akhir Robot Hydra

Setelah model dibuat, maka kemudian kita dapat memperhitungkan *buoyancy* dengan parameter yang didapatkan dalam permodelan. Perhitungan di bawah berasumsi bahwa kondisi ideal dan robot sepenuhnya ada di dalam air tawar. Volume robot yang terhitung adalah 0.0255 meter kubik.

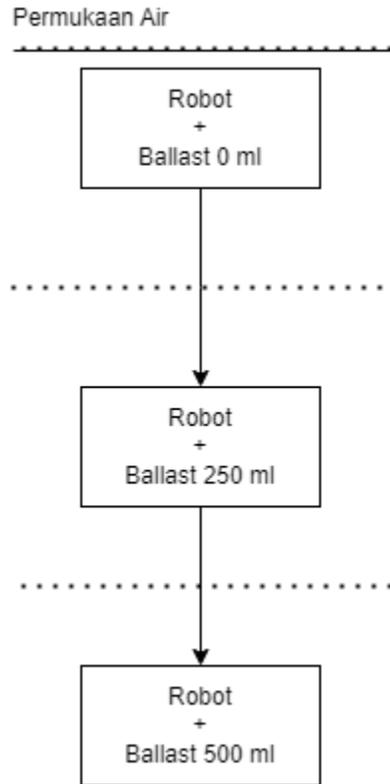
$$\begin{aligned}
 B &= \rho_{air} \cdot V_{benda} \cdot g \\
 B &= 1 \text{ kg/m}^3 \cdot 0.0255 \text{ m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 B &= 250.07 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan, didapatkan bahwa gaya *buoyancy* yang akan dihasilkan merupakan 250,07 N. Sementara itu, gambar 2.7 merupakan *free body diagram* dari robot di dalam air.



Gambar 2.7: Free body diagram Hydra

Dalam penerapan, perhitungan dan konsep yang telah dibuat, kami menemukan bahwa robot memerlukan berat yang lebih supaya bisa tenggelam. Ditambah dengan volume air 250 ml per-*ballast*, maka robot seharusnya bisa bergerak dalam bidang z dengan mengatur jumlah air di dalam ballast seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.8.

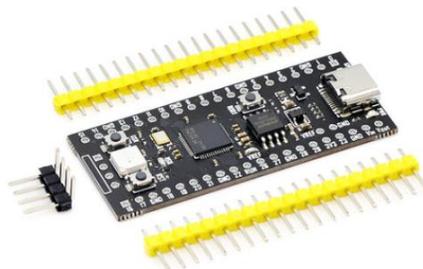


Gambar 2.8: Visualisasi cara kerja robot di bidang z

## B. Komponen Robot

Dalam pembuatan robot Hydra ini menggunakan beberapa komponen berikut:

- 1) *Raspberry Pi Pico*



Gambar 2.9: *Raspberry Pi Pico*

Sumber : <https://www.tokopedia.com/3din/raspberry-pi-pico-rp2040-microcontroler-std-purple-16m>

Raspberry Pi Pico pada gambar 2.9 merupakan mikrokontroler yang memiliki fungsi untuk menerima data dari sensor-sensor yang terdapat pada robot. Mikrokontroler akan mengolah data yang diterima dari sensor, serta menjalankan robot dengan memberikan sinyal *Pulse Width Modulation (PWM)* ke motor *propeller* melalui *Electronic Speed Controller (ESC)* untuk menggerakkan robot serta motor DC untuk menarik dan mengeluarkan air dari *ballast tank*. Mikrokontroler ini juga memiliki tugas untuk memberikan perintah untuk mengambil gambar.

2) *LW001 12-24V DIY Ship Model Underwater Propeller Motor*

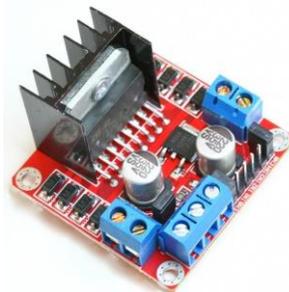


Gambar 2.10: *LW001 1224V DIY Ship Model Underwater Propeller Motor*

Sumber : <https://www.amazon.com/LETAOSK-12-24V-Underwater-Propeller-Thruster/dp/B07Z3HK152>

Gambar 2.10 mengilustrasikan LW001 1224V merupakan komponen berupa *propeller* yang berfungsi untuk menggerakkan robot, *propeller* dipasang pada bagian samping dan belakang robot. Total *propeller* yang dipakai berjumlah 3 buah.

3) *Motor Driver Dual H-Bridge L298N*



Gambar 2.11: *Motor Driver Dual H-Bridge L298N*

Sumber : [https://www.tokopedia.com/mirorim/l298n-l298-dual-h-bridge-stepper-control-dc-motor-driver-arduino-modul?utm\\_source=google&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=pdp-seo](https://www.tokopedia.com/mirorim/l298n-l298-dual-h-bridge-stepper-control-dc-motor-driver-arduino-modul?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=pdp-seo)

L298N merupakan *driver* motor DC yang memiliki fungsi untuk mengatur kecepatan dan arah perputaran motor DC. Ilustrasi dari *driver* dapat dilihat dari gambar 2.11 *Driver* motor ini berfungsi untuk mengatur arah perputaran motor DC pada *ballast tank*. Jumlah *driver* motor yang dipakai untuk robot ini berjumlah 1 buah.

4) *ESC 40A 2-4S LIPO Speed Controller*



Gambar 2.12: ESC 40A 2-4S LIPO Speed Controller

Sumber : <https://www.amazon.com/Readytosky-Electronic-Controller-Helicopter-Quadcopter/dp/B09G5S9YYG>

Gambar 2.12 merupakan ESC 40A yang berfungsi untuk mengatur kecepatan dari aktuator. Sistem aktuator yang disambungkan dengan modul ini adalah *propeller* motor. Jumlah ESC 40A pada robot ini berjumlah 3 buah, yang akan dihubungkan dengan masing-masing *propeller*.

5) *12V DC Motor with Gearbox*



Gambar 2.13: *12V DC Motor with Gearbox*

Sumber: <http://www.dcmotory.eu/dc-motors-planetary-gearbox/series-pg420.html>

Motor DC 12V pada gambar 2.13 sudah mempunyai *gearbox* dan digunakan untuk memutar sistem *ballast* pada *ballast tank*, sehingga *ballast* dapat menarik dan mengeluarkan air dari *ballast*.

6) *Depth Sensor MPX5050DP*

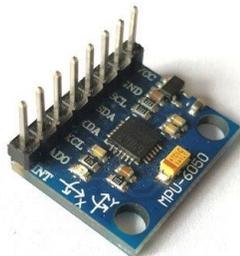


Gambar 2.14: *Depth Sensor MPX5050DP*

Sumber: <https://mrelectro.com/product/%D8%B3%D9%86%D8%B3%D9%88%D8%B1-%D9%81%D8%B4%D8%A7%D8%B1-%D9%87%D9%88%D8%A7-ms4525do/>

MPX5050DP yang diilustrasikan pada gambar 2.14 merupakan sensor tekanan yang dapat digunakan dalam banyak hal. Pada robot ini, MPX5050DP digunakan untuk mengukur tekanan di dalam air. Jumlah MPX5050DP pada robot ini berjumlah 1 buah.

7) *MPU6050 Orientation Sensor*



Gambar 2.15: *MPU6050 Orientation Sensor*

Sumber: <https://microcontrollerslab.com/mpu6050-sensor-module-pinout-interfacing-with-pic-microcontroller/>

Gambar 2.15 adalah MPU6050, yang merupakan sensor *gyroscope* dan *accelerometer*, yang mana merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi kemiringan pada suatu robot. Sensor ini dipakai untuk mengetahui posisi robot. Jumlah MPU6050 pada robot ini berjumlah 1 buah.

8) *Hall Effect Sensor A3144*

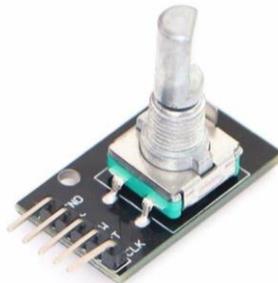


Gambar 2.16: *Hall Effect Sensor A3144*

Sumber: [https://store.nerokas.co.ke/index.php?route=product/product&product\\_id=266](https://store.nerokas.co.ke/index.php?route=product/product&product_id=266)

A3144 yang diilustrasikan pada gambar 2.16 merupakan sensor yang memiliki banyak fungsi, seperti mendeteksi posisi, mendeteksi pergerakan mundur atau maju dan mendeteksi kecepatan. Namun pada robot ini, A3144 digunakan untuk mengukur kecepatan dan jarak robot melaju ketika di dalam air. Jumlah A3144 pada robot ini berjumlah 1 buah.

9) *Rotary Encoder KY-40*



Gambar 2.17: *Rotary Encoder KY-40*

Sumber: <https://www.vs-elec.fr/boutons-controle/81-ky-40-rotary-encoder-module-brick-sensor-development-for-arduino-3665662005083.html>

KY-40 merupakan modul *encoder*. Ilustrasinya dapat dilihat di gambar 2.17. Encoder merupakan rangkaian yang memiliki fungsi untuk mengonversi data menjadi bentuk data baru. KY-40 memberikan indikasi untuk berapa banyak knop telah diputar dan arah putaran dari knopnya. KY-40 pada robot ini berfungsi untuk mengetahui posisi *ballast* (batas untuk menarik dan mengeluarkan air)

#### 10) ESP32-Cam with Secure Digital (SD) Cardboard



Gambar 2.18: ESP32-Cam with Secure Digital (SD) Cardboard

Sumber : [https://www.tokopedia.com/ofstore/esp-32-cam-esp32-cam-esp-32-camera-wifi-bluetooth-arduino?utm\\_source=google&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=pdp-seo](https://www.tokopedia.com/ofstore/esp-32-cam-esp32-cam-esp-32-camera-wifi-bluetooth-arduino?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=pdp-seo)

ESP32-Cam merupakan modul esp32 namun dilengkapi dengan kamera. ESP32–cam ini memiliki slot kartu *microSD*. ESP32-cam yang berbentuk seperti pada gambar 2.18 pada robot ini berfungsi sebagai Alat untuk mengambil foto di bawah air. Jumlah ESP32-cam pada robot ini berjumlah 1 buah.

#### 11) OV5640AF Cmos Camera With Auto Focus



Gambar 2.19 : OV5640AF Cmos Camera With Auto Focus

Sumber : [https://www.tokopedia.com/goejualin/mini-ov5640-af-camera-module-cmos-image-sensor-module-for-arduino?utm\\_source=google&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=pdp-seo](https://www.tokopedia.com/goejualin/mini-ov5640-af-camera-module-cmos-image-sensor-module-for-arduino?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=pdp-seo)

Gambar 2.19 adalah OV564AF Cmos Camera, yang merupakan modul kamera atau sensor gambar yang memiliki fungsi untuk mengambil foto di dalam air. Jumlah OV5640AF Cmos Camera pada robot ini berjumlah 1 buah.

#### 12) MB1003 HRLV - MaxSonar



Gambar 2.20: MB1003 HRLV - MaxSonar

Sumber : <https://www.arduitronics.com/product/2910/ultrasonic-range-finder-mb1003-hrlv-maxsonar-ez0-%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%97%E0%B9%89%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81-sparkfun-maxbotix>

MB1003 HRLV yang diilustrasikan gambar 2.20 merupakan modul sonar yang berfungsi untuk mendeteksi barang atau halangan yang ada di depan robot, lalu MaxSonar akan memberikan sinyal ke mikrokontroler untuk memicu kode untuk menghindari halangan di depan robot. Jumlah MB1003 HRLV pada robot ini berjumlah 1 buah.

### 13) JSN-SR04T



Gambar 2.21: JSN-SR04T

Sumber : <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/waterproof-ultrasonic-module-jsn-sr04t-aj-sr04m-water-proof-integrated-distance-measuring-transducer-sensor-1600127646114.html>

Gambar 2.21 adalah JSN-SR04T yang merupakan sensor sonar yang memiliki fungsi mendeteksi objek yang ada di samping robot. Jumlah JSN-SR04T pada robot ini berjumlah 1 buah.

### 14) AO2YYUW



Gambar 2.22: AO2YYUW

Sumber : <https://www.mouser.ca/new/dfrobot/dfrobot-a02yyuw-ultrasonic-sensor/>

AO2YYUW juga merupakan sensor sonar yang memiliki fungsi untuk mendeteksi objek yang berada di bawah robot. Bentuk sonar dapat dilihat pada gambar 2.22 Jumlah AO2YYUW pada robot ini berjumlah 1 buah.

### 15) Saklar Misi



Gambar 2.23: Saklar Misi

Sumber: <https://id.aliexpress.com/item/32999707900.html>

Saklar pada gambar 2.23 ini memiliki kaki berjumlah 6 kaki. Saklar ini digunakan untuk memilih misi yang ingin dilakukan, berupa misi utama atau misi eksplorasi.

### 16) Saklar *On/Off*



Gambar 2.24: Saklar *on/Off*

Sumber: <https://shopee.co.id/Saklar-Switch-On-Off-Kotak-Besar-4-Kaki-4-Pin-Warna-Merah-Ada-Lampu-Tombol-Klik-On-Off-i.84853855.6417863130>

Saklar *On/Off* pada gambar 2.24 ini digunakan sebagai saklar utama yang artinya saklar ini menghubungkan antara sumber daya dan komponen lainnya. Ketika saklar ini terputus maka sumber daya akan berhenti memberi daya ke rangkaian.

### 17) Emergency Button

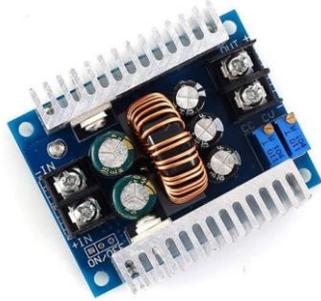


Gambar 2.25: Emergency Button

Sumber: <https://shopee.co.id/product/271239893/15823434800>

Kami menggunakan tombol emergency yang terlihat pada gambar 2.25. Tombol ini digunakan untuk memasukkan robot ke dalam mode emergency secara manual.

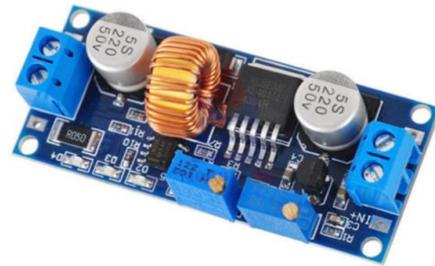
### 18) Step Down Buck Converter 20A dan 5A



Gambar 2.26: Step DownBuck Converter 20A

Sumber:

<https://id.aliexpress.com/item/1005004064147218.html>



Gambar 2.27: Step DownBuck Converter 5A

Sumber:

<https://www.tokopedia.com/arduinouno/x14015-5a-dc-buck-converter-step-down-adjustable-cc-cv-charge-battery>

*Step down buck converter* merupakan komponen penurun tegangan sehingga dapat digunakan untuk setiap komponen. *Buck converter* yang digunakan terdapat dua jenis, 20A yang ada pada gambar 2.26 dan 5A yang ada pada gambar 2.27. Kemudian *buck converter* akan disesuaikan dengan tegangan yang digunakan untuk tiap komponen. *Buck converter* 20A digunakan untuk *propeller* dan *buck converter* 5A digunakan untuk mikrokontroler, motor *driver*, motor DC, sensor - sensor, dan lampu.

### 19) Truck Warning Light Modified Single Row Strobe White 12-24V



Gambar 2.28: Truck Warning Light Modified Single Row Strobe White 12-24V

Sumber: <https://www.tokopedia.com/ftzfashions/pursky-truck-warning-light-modified-single-row-strobe-white-12-24v-6?extParam=ivf%3Dfalse%26src%3Dsearch>

Lampu pada gambar 2.28 digunakan sebagai indikator bahwa robot berada dalam *emergency mode*. Lampu ini bekerja secara berkedip ketika robot memasuki *emergency mode*.

## 20) Baterai LiPo 4S 5200mAh

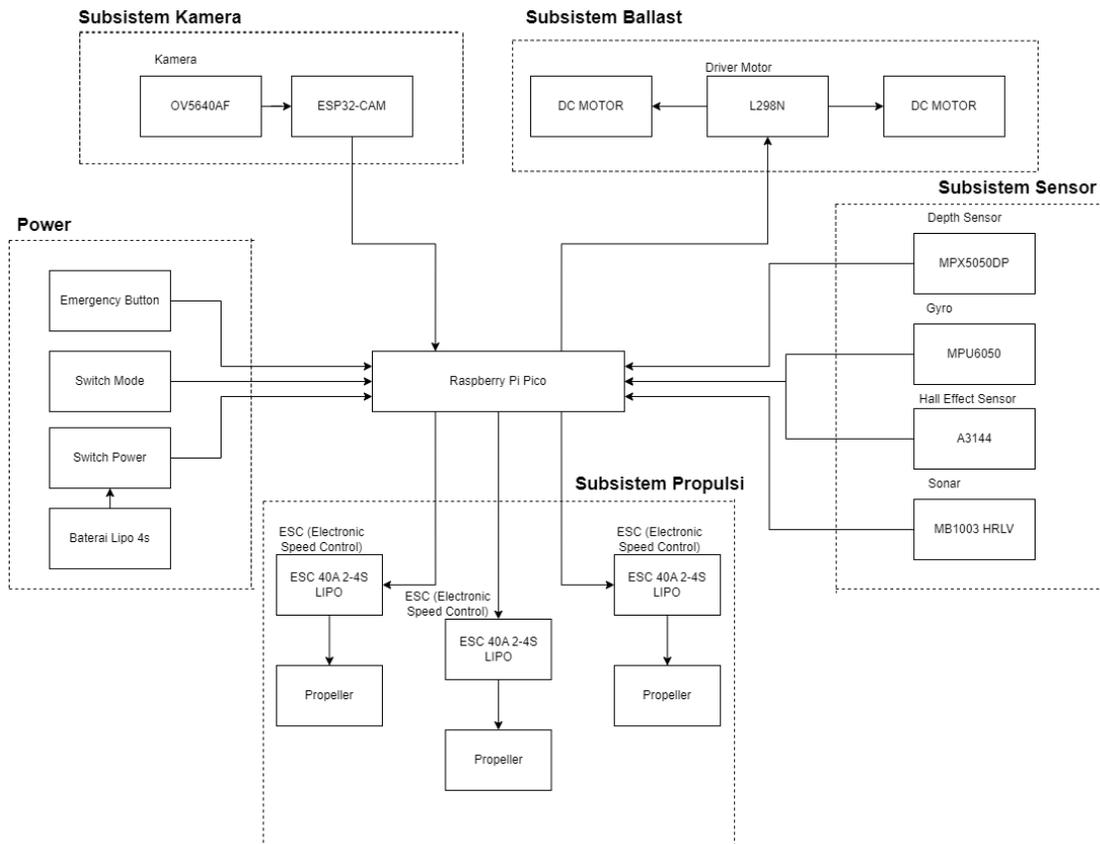


Gambar 2.29: Baterai LiPo 4S 5200mAh

Sumber : <https://www.lazada.co.id/products/baterai-lipo-4s-148v-5200mah-35c-hardcase-untuk-rc-car-rc-boat-i6520524810.html>

Gambar 2.29 merupakan bentuk dari Baterai LiPo 4S yang merupakan sumber tegangan untuk robot. Baterai robot memiliki kapasitas sebesar 5200MAH dan memiliki tegangan keluaran sebesar 14.8V. Baterai ini berfungsi untuk menenagai seluruh komponen yang terdapat pada robot.

### C. Diagram Listrik

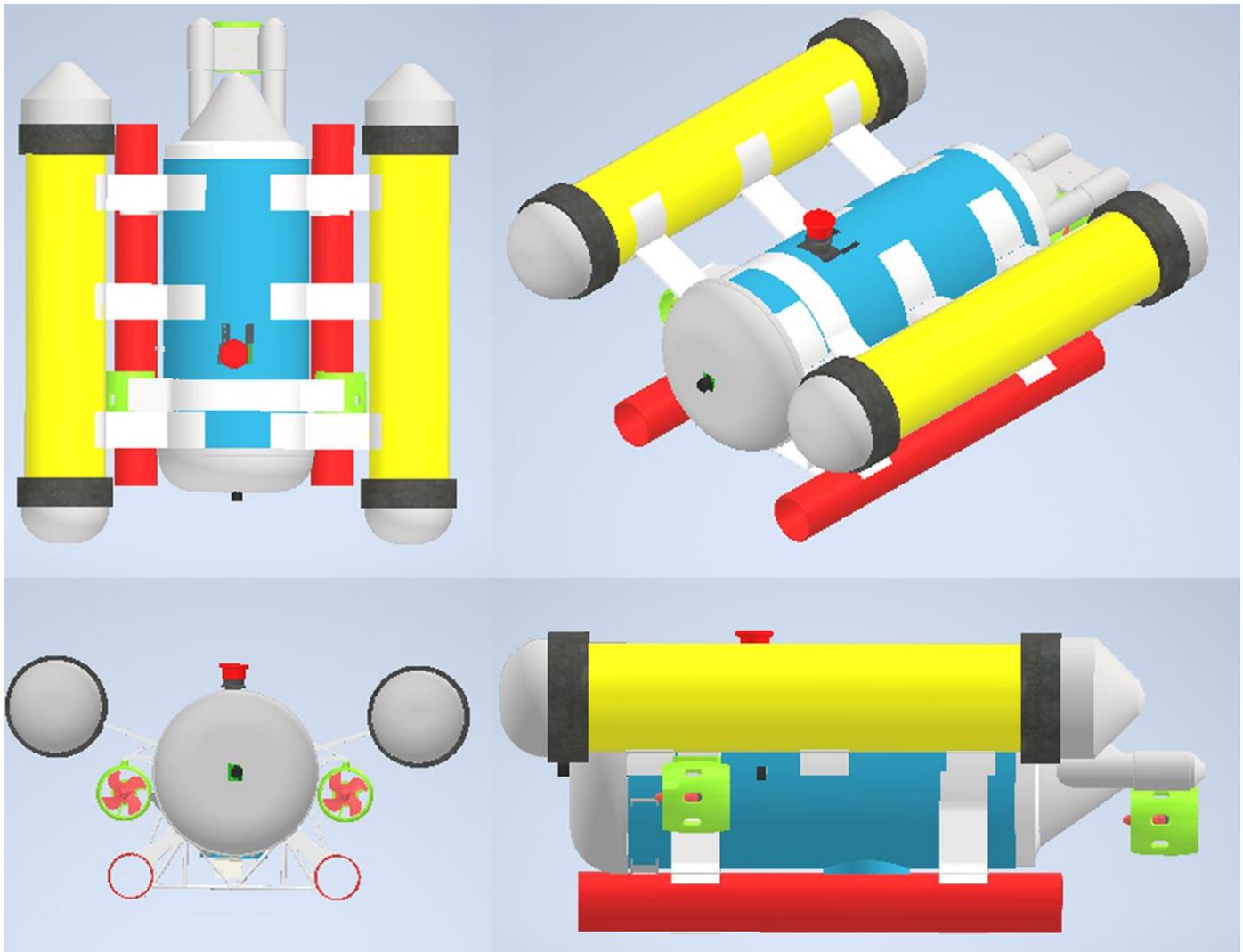


Gambar 2.30: Diagram Blok Hydra

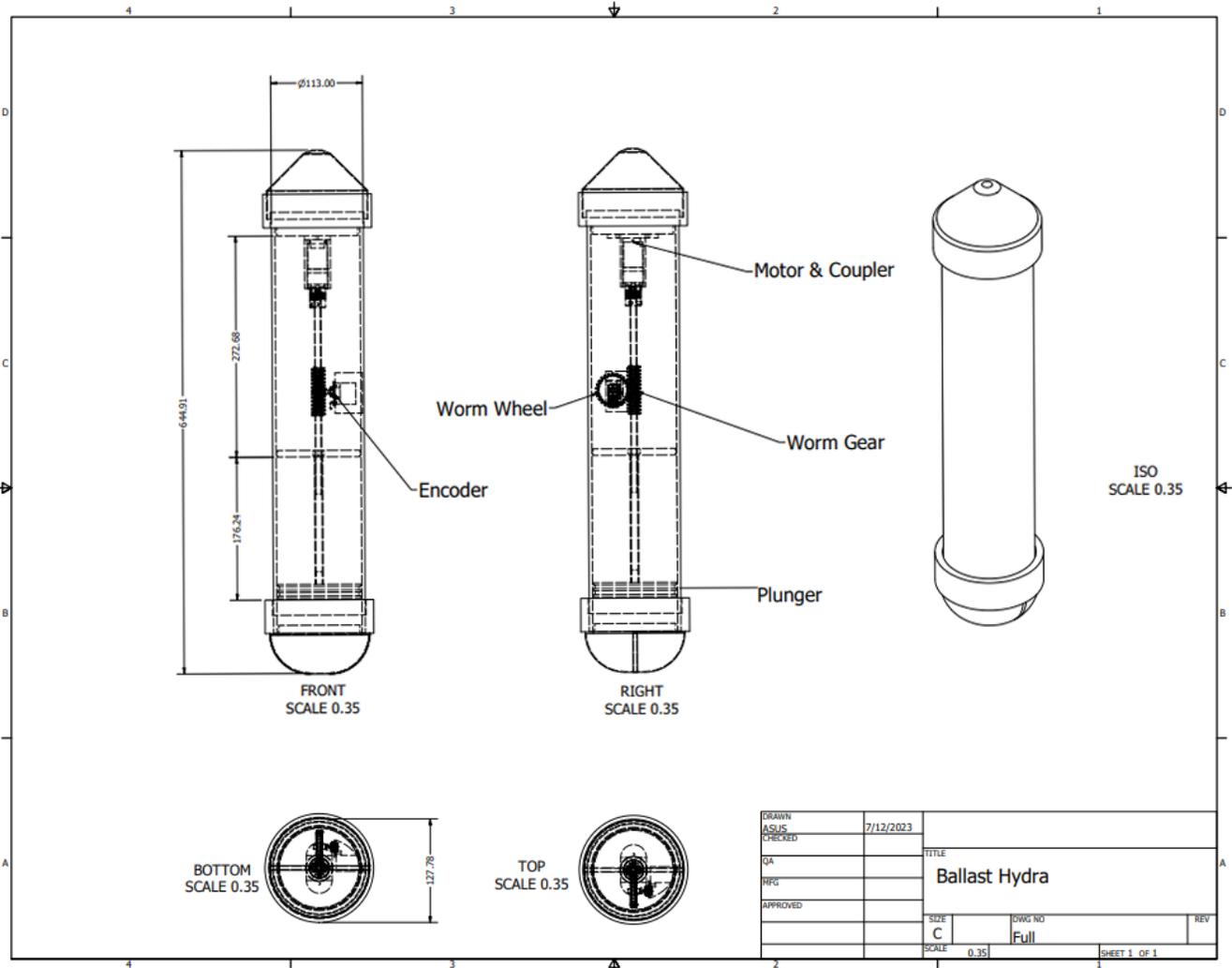
Berdasarkan diagram pada gambar 2.30 di atas, dapat diketahui bahwa Hydra menggunakan 2 jenis aktuator, yaitu motor DC dan *propeller*. Masing-masing aktuator terhubung dengan *driver*-nya, motor DC dengan L298N dan *propeller* dengan ESC 40A 2-4S Lipo. Serta untuk *input* pada robot Hydra, terdapat 4 jenis sensor, yaitu sensor sonar, sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU), sensor *hall effect*, dan sensor tekanan. Pada sensor sonar, terdapat 3 jenis sensor yang dipakai untuk mendeteksi objek, yaitu JSN-SR04T, MB1003-HRLV dan A02YYUW. Sensor IMU yaitu MPU6050 yang digunakan mendeteksi kemiringan robot. Sensor *Hall Effect* yaitu A3144 yang digunakan untuk mengukur kecepatan dan jarak robot melaju ketika di dalam air. Sensor tekanan yaitu MPX5050DP yang digunakan untuk mendeteksi tekanan ketika robot berada di dalam air. Lalu terdapat kamera yang digunakan untuk mengambil foto ketika robot berada di dasar air. Robot Hydra ditenagai oleh baterai yang memiliki kapasitas sebesar 5200mAh dan tegangan sebesar 14.8V. Baterai yang dipakai akan dihubungkan dengan *Step Down Buck Converter* lalu akan dihubungkan ke masing-masing komponen sebagai sumber daya komponen yang dipakai. Lalu terdapat 3 jenis *button* yang terdapat pada robot yaitu *Switch Power* yang berfungsi sebagai *switch power* pada robot, *Switch Mode* yang berfungsi sebagai mengganti mode misi, serta *Emergency Button* yang berfungsi apabila terjadi error pada robot, tombol ditekan dan robot akan segera muncul ke permukaan.

#### **D. Gambar Desain Robot**

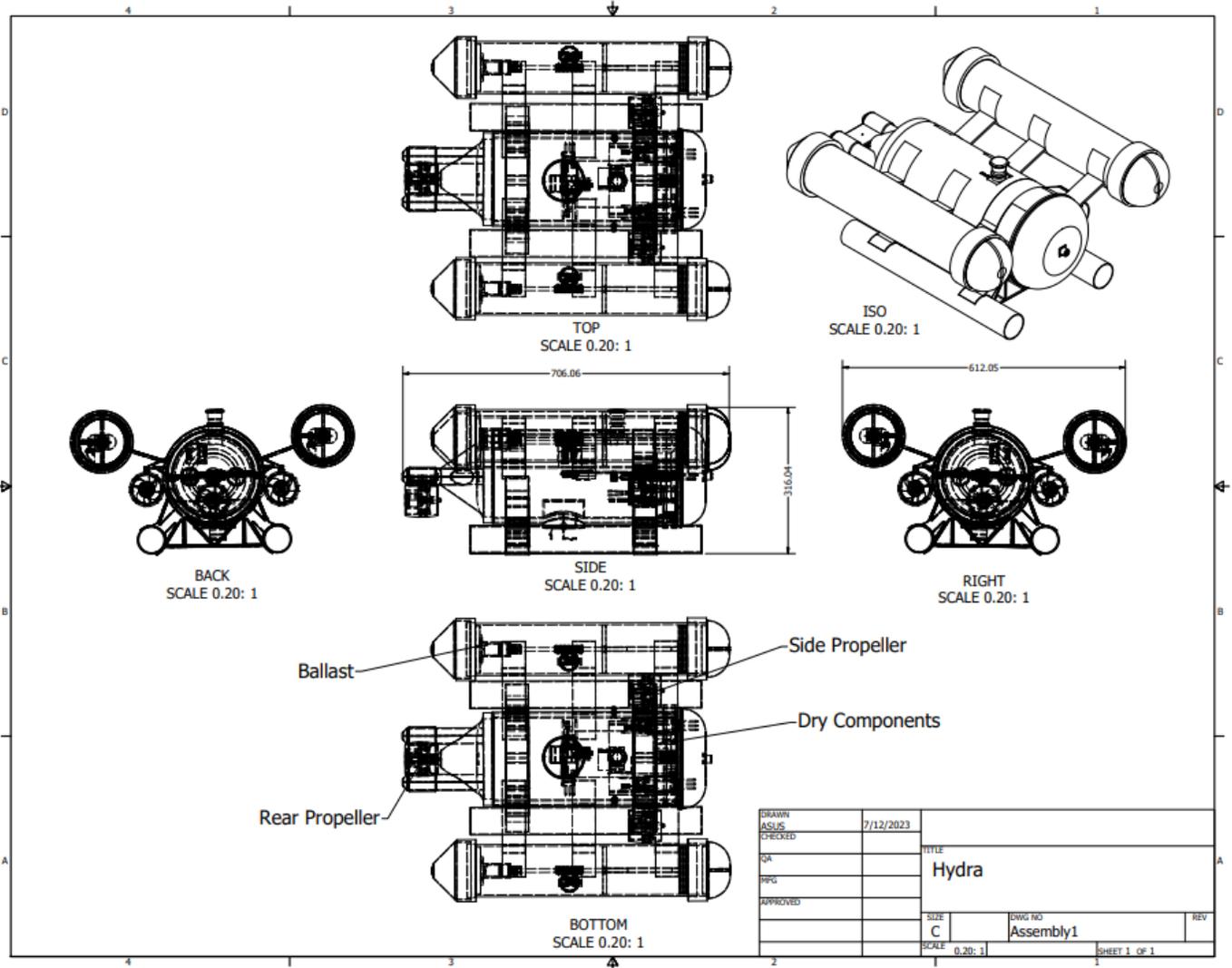
Dari desain yang telah dibuat dan diperbaiki selama pengembangan robot, maka dihasilkan model 3D yang diilustrasikan pada gambar 2.31 yang menunjukkan *alignment* robot dilihat dari beberapa sudut yang telah diatur supaya terlihat bentuk dari robot secara 3D. Gambar 2.32 merupakan gambar teknik dari ballast, sementara gambar 2.33 merupakan gambar teknik dari robot. Kedua gambar teknik dihasilkan oleh *software* Autodesk Inventor menggunakan fitur *drawing* yang mengubah 3D model menjadi gambar teknik.



Gambar 2.31: 3D aligned



Gambar 2.32: Diagram Ballast



Gambar 2.33: Diagram robot