

PENGEMBANGAN MEKANISME GERAKAN ROBOT BAWAH
AIR BERBASIS BALLAST



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

AAN DARMAWAN 44419001

PASKALIS DITO 44419018

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul “**Pengembangan Mekanisme Gerakan Robot Bawah Air Berbasis *Ballast***” oleh Aan Darmawan NIM 44419001 dan Paskalis Dito NIM 44419018 dinyatakan layak untuk diujikan.



Makassar, 1 September 2023

Dosen Pembimbing I,

Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.
NIP. 19760413 200812 1 003

Dosen Pembimbing II,

Paisal, S.T., M.T.
NIP. 19810604 200604 1 003



Mengesahkan

Koordinator Program Studi Teknik Mekatronika,

Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.
NIP. 19760413 200812 1 003

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Rabu tanggal 6 September 2023, tim penguji ujian sidang skripsi telah menerima skripsi mahasiswa: Aan Darmawan NIM 44419001 dan Paskalis Dito NIM 44419018 dengan judul: “Pengembangan Mekanisme Gerakan Robot Bawah Air Berbasis *Ballast*”

Makassar, 6 September 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi:

- | | | |
|---------------------------------------|------------|---------|
| 1. Ir. Remigius Tandioaga, M.Eng.Sc. | Ketua | (.....) |
| 2. Ir. Lewi, M.T. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Mukhtar, S.Pd., M.Eng. | Anggota | (.....) |
| 4. Dr. Eng. Arman, S.T., M.T. | Anggota | (.....) |
| 5. Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T. | Anggota | (.....) |
| 6. Paisal, S.T., M.T. | Anggota | (.....) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**Pengembangan Mekanisme Gerakan Robot Bawah Air Berbasis *Ballast***”.

Proposal skripsi ini penulis persembahkan untuk kedua orangtua tercinta atas segala doa, dukungan, pengorbanan, semangat dan kasih sayang yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat tantangan dan hambatan, tetapi dengan bantuan dari berbagai pihak tantangan itu bisa teratasi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

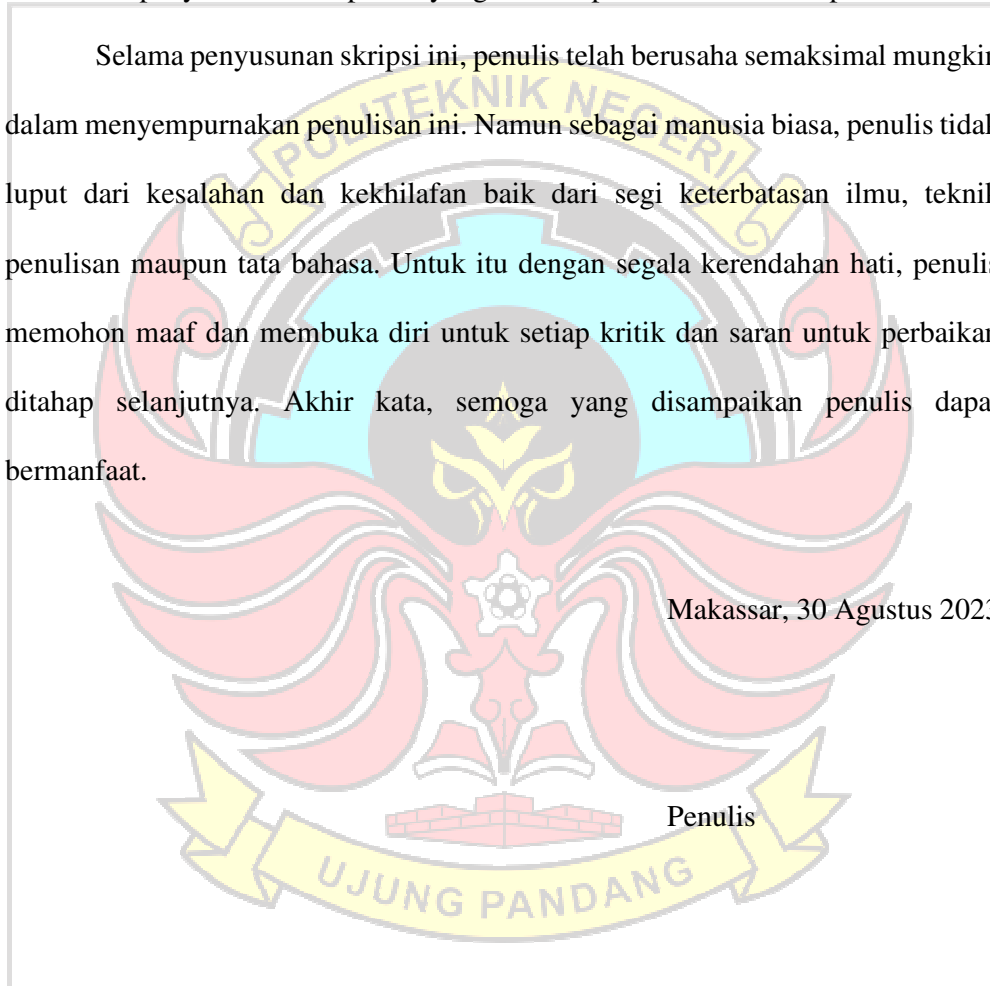
1. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mekatronika dan juga selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Paisal, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini

5. Teman-teman seperjuangan Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, yang telah banyak berdiskusi dan bekerja sama dengan penulis selama proses penyusunan skripsi.
6. Serta semua pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam menyempurnakan penulisan ini. Namun sebagai manusia biasa, penulis tidak luput dari kesalahan dan kekhilafan baik dari segi keterbatasan ilmu, teknik penulisan maupun tata bahasa. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis memohon maaf dan membuka diri untuk setiap kritik dan saran untuk perbaikan ditahap selanjutnya. Akhir kata, semoga yang disampaikan penulis dapat bermanfaat.

Makassar, 30 Agustus 2023

Penulis

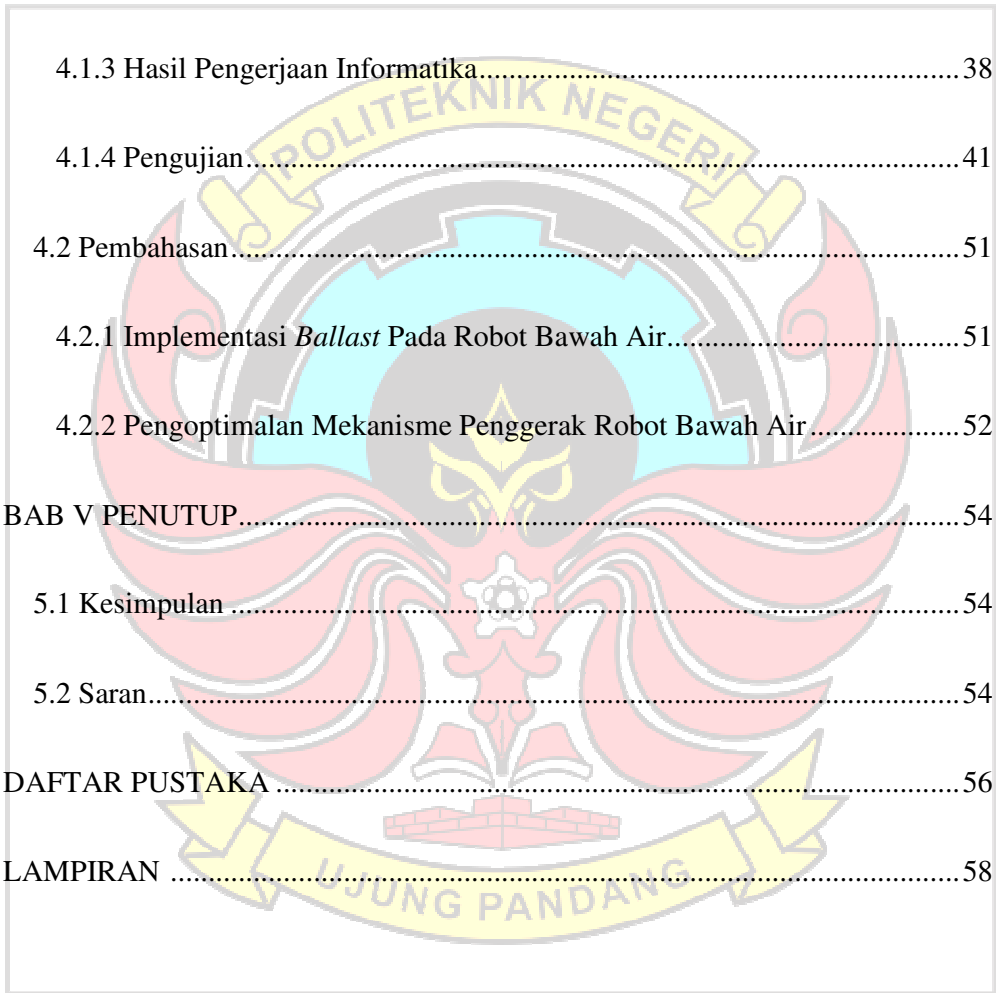


DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
SURAT PERNYATAAN.....	xiv
RINGKASAN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3

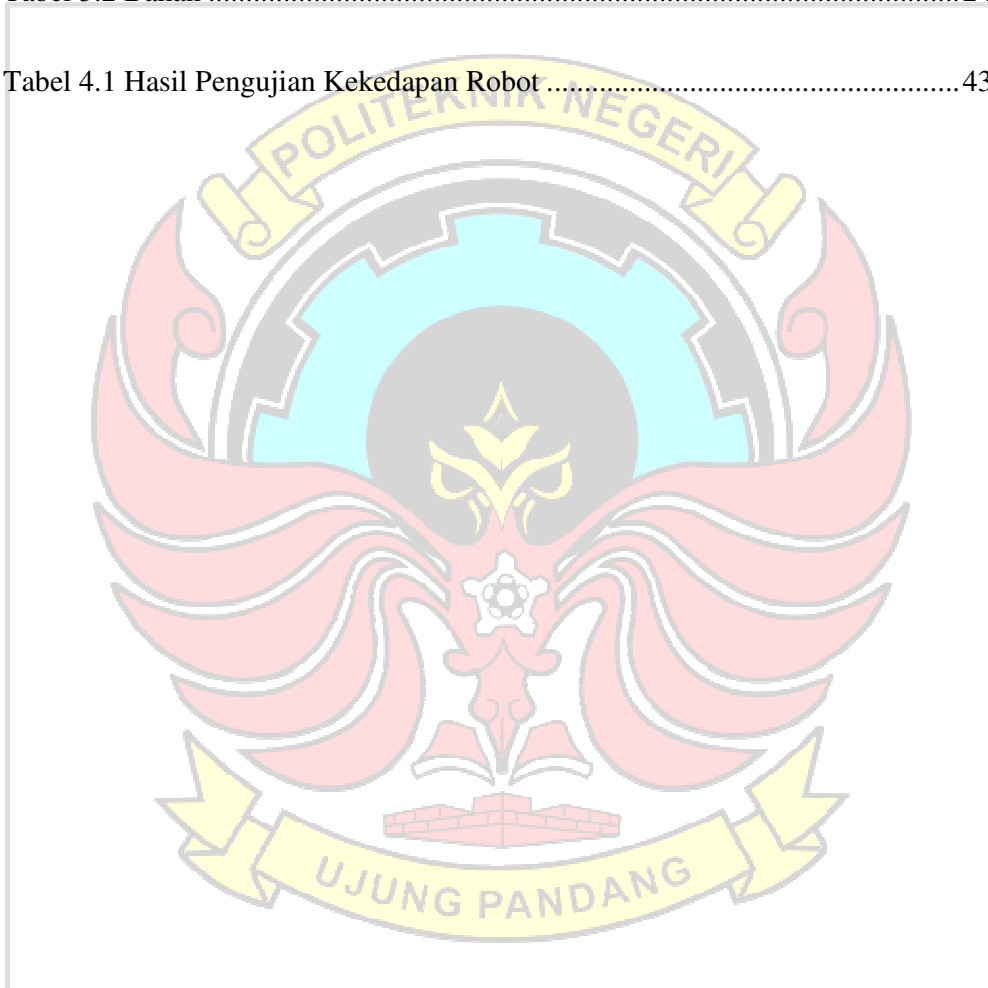
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Robot Bawah Air	5
2.2 Komponen Pada Robot Bawah Air.....	5
2.2.1 Badan Robot Bawah Air	5
2.2.2 Sistem Pengendali Robot Bawah Air.....	6
2.2.3 Sistem Penggerak Robot Bawah Air.....	7
2.2.4 Sistem Komunikasi Data Robot Bawah Air.....	11
2.3 Perhitungan Robot Bawah Air	12
2.3.1 Gaya Apung dan Berat Benda.....	12
2.3.2 Tekanan Hidrostatik dan Tekanan Atmosfer.....	13
2.3.3 Keseimbangan Benda Tegar	14
2.4 Penelitian Robot Bawah Air Sebelumnya.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.3 Prosedur Penelitian.....	25
3.4 Langkah-langkah Pengujian.....	30
3.5 Teknik Analisis Data.....	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Penelitian dan Eksperimen	34
4.1.1 Hasil Pengerjaan Mekanika.....	34
4.1.2 Hasil Pengerjaan Elektronika.....	36
4.1.3 Hasil Pengerjaan Informatika.....	38
4.1.4 Pengujian.....	41
4.2 Pembahasan.....	51
4.2.1 Implementasi <i>Ballast</i> Pada Robot Bawah Air.....	51
4.2.2 Pengoptimalan Mekanisme Penggerak Robot Bawah Air.....	52
BAB V PENUTUP.....	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	58



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega.....	7
Tabel 3.1 Alat.....	23
Tabel 3.2 Bahan	24
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kecedapan Robot	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arduino Mega 2560	6
Gambar 2.2 BLDC Motor	9
Gambar 2.3 Motor Servo.....	10
Gambar 2.4 Ballast System.....	10
Gambar 2.5 Shielded Twisted Pair.....	11
Gambar 2.6 Kesetimbangan Stabil.....	15
Gambar 2.7 Kesetimbangan Labil.....	15
Gambar 2.8 Kesetimbangan Netral	16
Gambar 2.9 Rancang Bangun Robot Bawah Air	17
Gambar 2.10 Robot Sebagai Alat Bantu Penjelajah bawah Air.....	18
Gambar 2.11 Prototipe Robot Bawah Air	19
Gambar 2.12 Robot Bawah Air Berbasis Arduino mega 2560.....	20
Gambar 2.13 Robot Bawah Air Berbasis Mikrokontroler	21
Gambar 3.1 Desain Kolam Pengujian.....	22
Gambar 3.2 Desain Sstem Elektronika	26
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 3.4 Diagram Alir Perancangan Robot Bawah Air.....	33

Gambar 4.1 Proses Perakitan Robot.....	34
Gambar 4.2 Robot Bawah Air Berbasis <i>Ballast</i>	35
Gambar 4.3 Proses Perakitan Elektronika.....	37
Gambar 4.4 Rangkaian Elektronika Pada Robot.....	38
Gambar 4.5 Program Kalibrasi Motor <i>Brushless</i>	38
Gambar 4.6 Program Pompa Air.....	39
Gambar 4.7 Program <i>Joystick</i>	39
Gambar 4.8 Hasil Penggabungan Program.....	40
Gambar 4.9 Pengujian Box Elektronik.....	41
Gambar 4.10 Spesifikasi Box Elektronik.....	42
Gambar 4.11 Box Elektronik Setelah di lem.....	42
Gambar 4.12 Uji Kekedapan Robot.....	43
Gambar 4.13 Penambahan Sekat Penahan Air <i>Ballast</i>	44
Gambar 4.14 Pengujian Tangki <i>Ballast</i>	45
Gambar 4.15 Pengujian <i>Ballast</i> Pada Robot.....	46
Gambar 4.16 Spesifikasi <i>Brushless</i>	49
Gambar 4.17 Pengujian Kalibrasi Motor <i>Brushless</i>	50
Gambar 4.18 Spesifikasi Pompa Celup 12v 240L/H.....	50

Gambar 4.19 Pengujian *Joystick*51

Gambar 4.20 Proses Pengujian Robot.....52



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Draft Artikel Ilmiah.....	59
Lampiran 2 Lembar Asistensi.....	65
Lampiran 3 Program Robot.....	69
Lampiran 4 Biodata Penulis.....	79
Lampiran 5 Desain Gambar	80



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aan Darmawan

NIM : 444 19 001

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Pengembangan Mekanisme Gerakan Robot Bawah Air Berbasis *Ballast*” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 30 Agustus 2023



Aan Darmawan

444 19 001

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Paskalis Dito

NIM : 444 19 018

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Pengembangan Mekanisme Gerakan Robot Bawah Air Berbasis *Ballast*” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 30 Agustus 2023



Paskalis Dito

444 19 018

PENGEMBANGAN MEKANISME GERAKAN ROBOT BAWAH AIR BERBASIS BALLAST

RINGKASAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang wilayahnya sebagian besar terdiri dari perairan laut. Namun, sebagian besar dari wilayah perairan Indonesia masih belum tereksplorasi secara optimal. Perkembangan teknologi bawah air kurang mendapat perhatian terlebih lagi masyarakat Indonesia yang dimana memiliki wilayah perairan yang luas. Kegiatan bawah air masih dilakukan dengan cara konvensional seperti pengamatan bawah air, deteksi objek bawah air, dan sebagainya. Kegiatan tersebut memiliki beberapa risiko sehingga robot yang mampu bergerak di dalam air sangat diharapkan untuk dapat membantu tugas manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Robot Bawah Air yang telah diteliti sebelumnya. Pengembangan yang dilakukan pada Robot Bawah Air dengan melakukan Implementasi sistem *ballast* untuk pengoptimalan pergerakan robot bawah air.

Robot bawah air atau ROV (*Remotely Operated Vehicle*) merupakan robot mobile dengan pengaplikasian untuk kegiatan bawah air yang dikendalikan dari jarak jauh. Sistem pengendali robot dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Sebuah robot ROV terdiri dari tiga komponen utama yaitu, kendaraan bawah air, perkabelan, dan pusat kontrol elektrik. Sistem mekanik robot bawah air menggunakan ACP (*Aluminium Composite Panel*) untuk badan robot. *Body* utama robot terbagi tiga yaitu frame, tempat elektronik yang kedap air, dan *ballast*. Sistem elektronika robot bawah air dirancang menggunakan motor *brushless* sebagai aktuator dan bagian *ballast* ruang pemberat yaitu agar robot dapat seimbang ketika bergerak di alam air. Sistem komunikasi Robot Air dengan menggunakan *joystick* dan kabel.

Hasil penelitian menunjukkan Robot bawah air telah kedap terhadap air. Pengujian kededapan air dilakukan dengan merendam box elektronik di kedalaman 20 cm selama 3 menit. Implementasi sistem *ballast* dapat membantu robot untuk tenggelam dan mengapung dengan kedalaman 50 cm. Waktu yang dibutuhkan robot untuk sampai ke dasar kolam sekitar kurang lebih 10 menit. Pengoptimalan mekanisme penggerak pada robot bawah air bahwa robot telah dapat tenggelam, mengapung, bergerak ke arah kiri dan kanan. Pengontrolan dilakukan dengan menggunakan *joystick*. Ketinggian air pada kolam 50 cm.

DEVELOPMENT OF A BALLAST-BASED UNDERWATER ROBOT MOVEMENT MECHANISM

SUMMARY

Indonesia is an archipelago whose territory consists mostly of marine waters. However, most of Indonesia's waters are still not optimally explored. The development of underwater technology has received less attention, especially the people of Indonesia, which has a vast water area. Underwater activities are still carried out in conventional ways such as underwater observation, underwater object detection, and so on. These activities have several risks so that robots that are able to move in the water are expected to be able to help human tasks. This research aims to develop an Underwater Robot that has been previously researched. The development carried out on Underwater Robots by implementing a ballast system to optimize the movement of underwater robots.

Underwater robot or ROV (Remotely Operated Vehicle) is a mobile robot with applications for remotely controlled underwater activities. Robot control system with Arduino Mega 2560 microcontroller. An ROV robot consists of three main components, namely, underwater vehicles, wiring, and electrical control centers. The mechanical system of the underwater robot uses ACP (Aluminum Composite Panel) for the robot body. The main body of the robot is divided into three, namely the frame, waterproof electronics, and ballast. The electronic system of the underwater robot is designed using a brushless motor as an actuator and ballast part of the ballast room so that the robot can be balanced when moving in the water. Water Robot communication system using joystick and cable.

The results showed that the underwater robot was impermeable to water. Water tightness testing is done by immersing the electronic box at a depth of 20 cm for 3 minutes. The implementation of the ballast system can help the robot to sink and float with a depth of 50 cm. The time required for the robot to reach the bottom of the pool is approximately 10 minutes. Optimization of the drive mechanism on the underwater robot that the robot has been able to sink, float, move left and right. Controlling is done using a joystick. The water level in the pool is 50 cm.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia adalah negara kepulauan yang wilayahnya sebagian besar terdiri dari perairan laut. Namun, sebagian besar dari wilayah perairan Indonesia masih belum tereksplorasi secara optimal. Hal tersebut dikarenakan masih terbatasnya alat yang digunakan untuk kegiatan eksplorasi tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan teknologi khusus untuk menunjang kegiatan eksplorasi bawah air.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini sangatlah pesat, terutama dibidang teknologi mekatronika yang mempengaruhi kehidupan masyarakat untuk melangkah lebih maju, praktis dan mudah. Teknologi baru yang bermunculan seperti halnya robot yang diciptakan oleh para ilmuwan yang dirancang sesuai kebutuhan mulai dari yang sederhana hingga yang rumit. Robot dalam beberapa hal dapat menggantikan peran manusia, hal ini terlihat pada robot-robot yang diterapkan dalam berbagai bidang seperti industri, kesehatan, pertahanan, pertanian, penelitian, permainan, perairan, dan lain-lain.

Perkembangan teknologi bawah air kurang mendapat perhatian dari masyarakat, terlebih lagi masyarakat Indonesia yang dimana negara kepulauan yang memiliki wilayah perairan yang luas. Masih banyak kegiatan bawah air yang dilakukan dengan cara konvensional seperti pengamatan bawah air, deteksi objek bawah air serta masih banyak lagi kegiatan bawah air yang selama ini dilakukan secara konvensional oleh manusia. Pengamatan tersebut memiliki beberapa resiko yaitu adanya area tertentu yang tidak bisa dijangkau manusia, perairan yang terkena limbah beracun, terbatasnya oksigen, terjadinya tekanan hidrostatis pada tubuh

penyelam, serta resiko bahaya yang tinggi akibat hewan buas dan lain sebagainya. Oleh sebab itu, robot yang mampu bergerak di dalam air sangat diharapkan untuk dapat membantu tugas manusia.

Berbagai resiko apabila eksplorasi dan pengamatan bawah air dilakukan secara konvensional mendorong penulis untuk membuat suatu rancang bangun robot bawah air (*underwater robot*). Diharapkan robot tersebut dapat melakukan tugas-tugas yang selama ini masih dilakukan secara konvensional.

Penelitian tentang Robot Bawah Air telah dimulai di Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Penelitian tersebut disusun oleh Mu'adz Dzuhri As-Sahra dan Gerryl Geraldo Elias dari program studi Teknik Mekatronika. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk menganalisis kontrol gerak dan data dan pemrosesan sinyal kontrol dari suatu robot bawah air. Namun, masih terdapat kekurangan pada robot tersebut yang mana robot tersebut masih belum memiliki mekanisme menyelam yang baik di mana masih bergantung pada motor BLDC untuk menyelam sehingga robot tersebut memiliki durasi menyelam yang terbatas, serta pergerakan robot di bawah air masih belum stabil. Oleh sebab itu, kami mengajukan "Pengembangan Mekanisme Gerakan Robot Bawah Air Berbasis Ballast" sebagai judul tugas akhir kami.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis mengambil rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana mengimplementasikan *ballast* pada robot sehingga robot dapat digunakan di dalam air?

2. Bagaimana mengoptimalkan mekanisme penggerak robot bawah air sehingga robot tersebut dapat bergerak di dalam air?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menggunakan air yang jernih sebagai media pengujian robot bawah air.
2. Menggunakan material ACP sebagai material *body* robot bawah air dengan modifikasi.
3. Menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai kontroler robot.
4. Menggunakan *brushless DC motor* 12volt sebagai aktuator untuk menggerakkan robot.
5. Menggunakan sistem *ballast* dengan material pipa PVC untuk menyelam dan mengapungnya robot.
6. Menggunakan pengontrolan manual dengan *joystick*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengimplementasikan *ballast* pada robot bawah air sehingga robot dapat digunakan di dalam air.
2. Mengoptimalkan mekanisme penggerak robot bawah air sehingga robot tersebut dapat bergerak di dalam air.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Meningkatkan pengetahuan di bidang mekatronika.

2. Berkontribusi dalam penelitian pengembangan robot bawah air untuk kegiatan eksplorasi di bawah air.
3. Memudahkan dan mengurangi resiko dalam mengeksplorasi keadaan di bawah air secara konvensional.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Robot Bawah Air

Robot bawah air atau sering disebut ROV (*Remotely Operated Vehicle*) merupakan robot *mobile* dengan pengaplikasian ditujukan untuk kegiatan bawah air yang dikendalikan dari jarak jauh dengan operator ROV yang berada pada kondisi wilayah yang aman. Secara istilah ROV merupakan robot yang bawah air yang dapat bergerak secara *mobile* yang dirancang untuk mengerjakan tugas-tugas di lingkungan bawah air.

Pada umumnya robot bawah air masih menggunakan kabel sebagai penghubung robot dengan kontroler. Namun, pada saat robot beroperasi dalam air maka kabel tersebut dapat menjadi beban robot dan menghambat kerja robot di dalam air. (Junan, 2018).

2.2 Komponen Pada Robot Bawah Air

Dalam pengembangan robot bawah air meliputi komponen-komponen seperti badan robot, sistem pengendali, sistem penggerak, sistem komunikasi data, dan sistem pemantauan.

2.2.1 Badan Robot Bawah Air

Badan robot berfungsi untuk menutupi rangkaian elektronika dan sistem yang berada di dalam robot. Sebuah robot ROV setidaknya terdiri dari tiga komponen utama, yaitu kendaraan bawah air, perkabelan, dan pusat kontrol elektrik. Kendaraan bawah air dirancang memiliki aktuator dan ruang pemberat yang letaknya simetris agar robot dapat seimbang ketika bergerak di dalam air.

Aktuator yang mendorong robot naik dan turun dipasang di dekat dengan kerangka utama robot, sedangkan aktuator yang menggerakkan robot untuk maju, mundur, serta belok ke kanan atau ke kiri dipasang pada bagian terluar kerangka robot. Sedangkan pemberat robot terletak di sisi bawah bagian kiri dan kanan robot dan terhubung dengan kaki robot.

2.2.2 Sistem Pengendali Robot Bawah Air

Sistem pengendali atau kontroler merupakan otak dari sebuah sistem robotika dan berfungsi untuk menyimpan, mengolah, dan menjalankan perintah atau program dari setiap informasi yang berasal dari perangkat *input* serta mengirim dan mengendalikan hasil proses atau *output* pada aktuator. Pengembangan kontroler yang paling banyak digunakan saat ini adalah mikrokontroler. Salah satunya adalah Arduino Mega 2560.

Arduino Mega adalah pengembangan mikrokontroler dengan menggunakan *chip* ATmega2560. Arduino jenis ini memiliki *pin* I/O sejumlah 54 buah *digital I/O pin* (15 diantaranya adalah PWM), 16 *analog input pin*, 4 *pin* UART (*serial port hardware*). Arduino mega juga dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah *port* USB, *power jack* DC, *ICSP header*, dan tombol *reset*. (Universitas Medan Area, 2021).



Gambar 2.1 Arduino Mega 2560
(Undergraduate_Thesis.pdf)

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega

Spesifikasi	Data
Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (rekomen-dasi)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by boot-loader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

2.2.3 Sistem Penggerak Robot Bawah Air

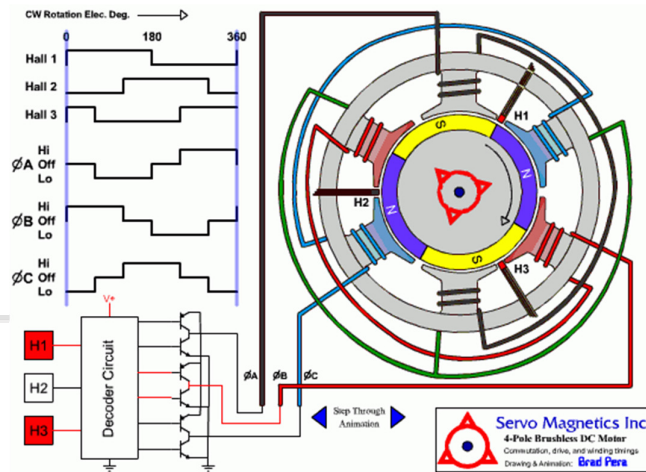
Sistem penggerak meliputi segala sesuatu yang melakukan perintah dari sistem kendali robot, berupa gerakan serta perubahan posisi atau sudut. Sistem penggerak robot bawah air yaitu *Brushless DC Motor*, motor servo, dan sistem *ballast*.

- a. *Brushless DC motor (BLDC Motor)* adalah tipe motor sinkron yang memakai sumber listrik arus searah sebagai tenaganya. Arus searah yang digunakan umumnya bersumber dari arus bolak-balik yang kemudian disearahkan dengan *inverter* (HP, Putra Pratama: 2016).

BLDC *motor* memiliki prinsip kerja yang hampir sama dengan motor *stepper*. Dua parameter performa BLDC *motor* yang paling utama adalah konstanta motor K_v dan K_m . Secara performa, BLDC *motor* dapat menghasilkan torsi maksimal pada RPM rendah dan secara bertahap akan menurun seiring dengan meningkatnya RPM motor. Keunggulan BLDC *motor* jika dibandingkan dengan *brushed DC motor* lainnya adalah efisiensi kerja yang lebih tinggi, tingkat kausan rendah karena tidak menggunakan *brush*, dan frekuensi perawatan yang minimal. Daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh BLDC *motor* hampir hanya dibatasi oleh panas yang melemahkan kekuatan magnet atau merusak selubung insulasinya. Kekurangan utama BLDC *motor* adalah harganya yang mahal. Selain itu sistem produksi BLDC *motor* secara komersil masih menggunakan proses penggulungan kawat manual.

BLDC *motor* memiliki efisiensi yang lebih tinggi untuk mengkonversi daya listrik dari sumber menjadi daya mekanis untuk menggerakkan motor.

Peningkatan efisiensi ini dapat tercapai karena tidak adanya *electrical* dan *friction losses* yang disebabkan oleh komponen *brushed*. Aplikasi BLDC *motor* umumnya digunakan pada sistem yang membutuhkan kecepatan tinggi.

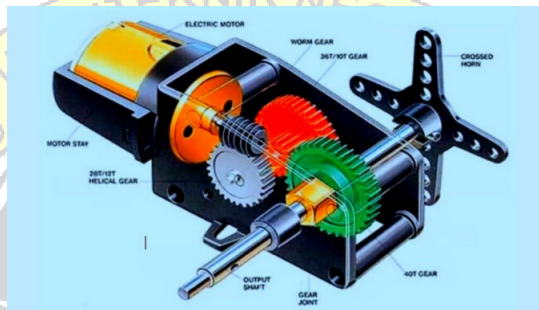


Gambar 2.2 BLDC Motor
<https://www.insinyoer.com/>

- b. Motor servo merupakan jenis motor listrik yang menggunakan sistem *closed loop*. Jadi, motor ini bekerja dengan mekanisme servo, di mana aktuator putar (motor) pada perangkat tersebut dibuat dengan sistem umpan balik sehingga bagian dari poros motor dan sudutnya dapat diatur dengan mudah. Teknologi *closed loop* tertutup, juga memungkinkan motor untuk dapat mengendalikan akselerasi dan kecepatannya dengan tingkat keakuratan yang tinggi. (Abadi, R. 2023).

Untuk dapat bekerja, motor servo dikendalikan oleh komponen yang bernama *econdor*. Jadi, *econdor* menggunakan sinyal PWM untuk menentukan putaran poros dan juga sudut putaran dari servo. Ketika motor servo mendapatkan sinyal PWM, maka secara otomatis *econdor* akan memutar poros motor untuk bergerak menuju posisi yang ditargetkan. *Econdor* yang berperan sebagai *potensiometer* bertugas untuk mencari sudut paling tepat bagi posisi motor servo. Jadi sebelum terdeteksi sudut yang tepat, *econdor* akan terus mencari dan mengarahkan poros motor sehingga ditemukan titik sudut yang

benar. Ketika sudah dalam posisi yang tepat, maka sistem *closed loop* akan membuat sudut putaran poros berada dalam posisi tetap untuk beberapa waktu. Cara kerja motor servo inilah yang disebut sebagai metode *close loop*. Dimana motor secara otomatis akan mencari sudut yang tepat dengan menggunakan teknik umpan balik. Hal ini juga menjadi kelebihan motor servo yang membedakannya dari jenis motor biasa.



Gambar 2.3 Motor Servo
(<https://thecityfoundry.com>)

- c. Sistem *ballast*, sebuah sistem yang berfungsi mengangkat dan mengisi air ballast. Tangki *ballast* ditempatkan di *body underwater robot* yang diisi dan dikosongkan melalui saluran pipa dan pompa yang sama untuk memperoleh sarat air yang layak. (Inameq, 2019). Cara kerja sistem *ballast* secara umum adalah mengisi tangki *ballast* dengan air yang diambil dari *seachest* melalui pompa *ballast* dan saluran pipa *ballast*.



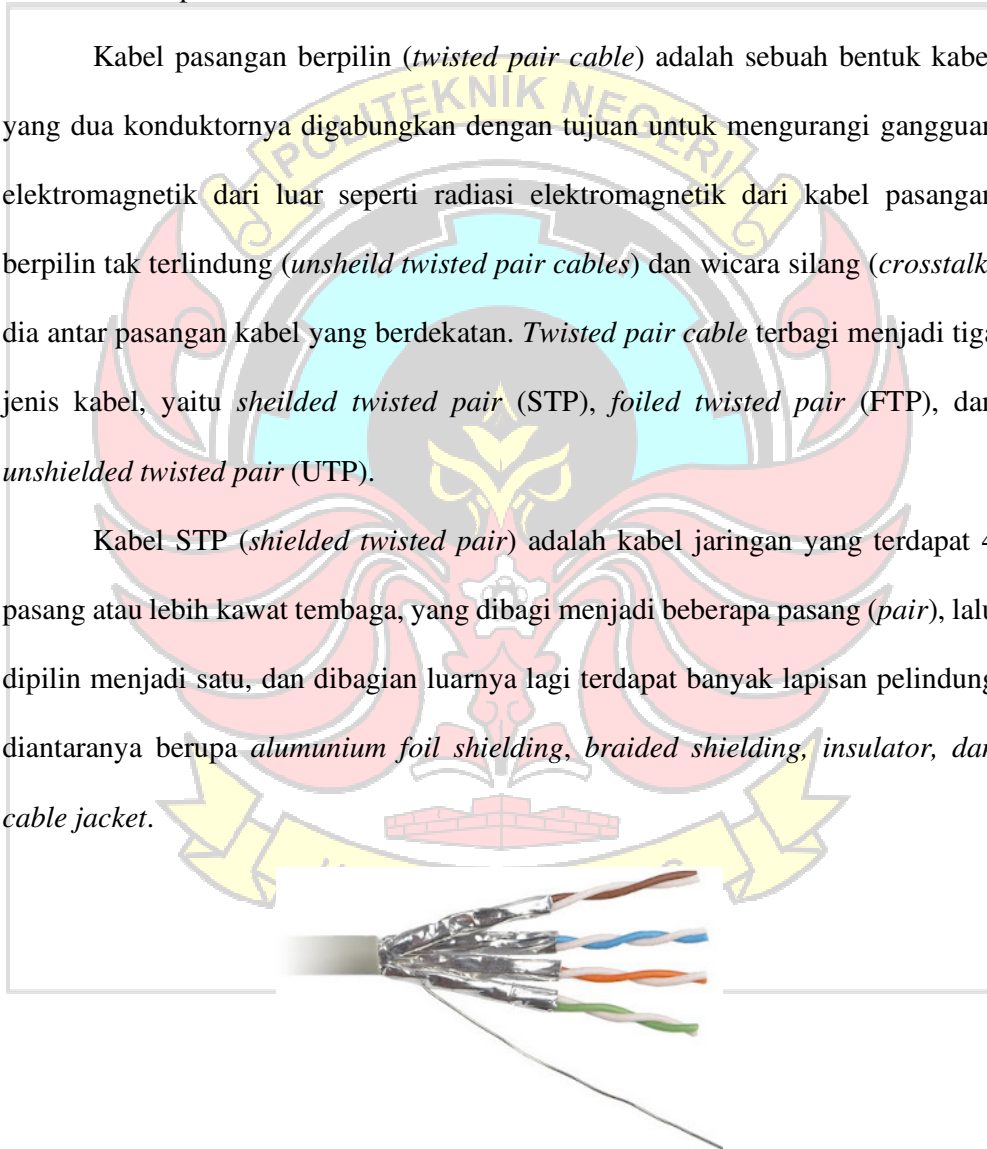
Gambar 2.4 Ballast System
(Sumber: Bukalapak)

2.2.4 Sistem Komunikasi Data Robot Bawah Air

Komunikasi data merupakan proses pengiriman dan penerimaan informasi di antara dua atau lebih perangkat melewati saluran transmisi dan peralatan *switching*. Dengan kata lain, komunikasi data adalah transmisi data elektronik melalui beberapa media.

Kabel pasangan berpilin (*twisted pair cable*) adalah sebuah bentuk kabel yang dua konduktornya digabungkan dengan tujuan untuk mengurangi gangguan elektromagnetik dari luar seperti radiasi elektromagnetik dari kabel pasangan berpilin tak terlindung (*unshielded twisted pair cables*) dan wicara silang (*crosstalk*) dia antar pasangan kabel yang berdekatan. *Twisted pair cable* terbagi menjadi tiga jenis kabel, yaitu *shielded twisted pair* (STP), *foiled twisted pair* (FTP), dan *unshielded twisted pair* (UTP).

Kabel STP (*shielded twisted pair*) adalah kabel jaringan yang terdapat 4 pasang atau lebih kawat tembaga, yang dibagi menjadi beberapa pasang (*pair*), lalu dipilin menjadi satu, dan dibagian luarnya lagi terdapat banyak lapisan pelindung diantaranya berupa *aluminium foil shielding*, *braided shielding*, *insulator*, dan *cable jacket*.



Gambar 2.5 *Shielded Twisted Pair*
(<https://i2.wp.com/3.bp.blogspot.com/>)

2.3 Perhitungan Robot Bawah Air

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. Dalam perancangan robot bawah air, ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam menunjang keberhasilan kinerja robot. Berikut uraian beberapa parameter tersebut.

2.3.1 Gaya Apung dan Berat Benda

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. Pada benda melayang terdapat dua gaya yaitu F_a dan W seperti pada persamaan (1).

$$W = F_a \dots\dots\dots (1)$$

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

$$\rho_b = \rho_{zc}$$

Dalam hal ini: F_a = Gaya apung (N)

W = Berat benda ($kg \cdot m/s^2$ atau N)

ρ_b = Massa jenis benda (kg/m^3)

ρ_{zc} = Massa jenis zat cair (kg/m^3)

v_b = Volume benda (m^3)

2.3.2 Tekanan Hidrostatik dan Tekanan Atmosfer

Tekanan hidrostatik merupakan tekanan dalam zat cair yang disebabkan oleh berat zat cair itu sendiri. Tekanan hidrostatik diberikan oleh air ke semua arah pada titik ukur mana pun akibat adanya gaya gravitasi. Jenis tekanan ini akan semakin meningkat seiring dengan kedalaman yang diukur dari permukaan air. Besarnya tekanan hidrostatik dipengaruhi oleh ketinggian zat cair, massa jenis zat cair, dan percepatan gravitasi bumi.

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h \dots \dots \dots (2)$$

Di mana:

P_h = Tekanan hidrostatik (N/m^2)

ρ = Berat jenis air ($1.000 kg/m^3$)

g = Percepatan gravitasi bumi ($9,8 m/s^2$)

h = Titik kedalaman yang diukur dari permukaan air (m)

Tekanan atmosfer adalah tekanan pada titik manapun di atmosfer bumi. Pada umumnya, tekanan atmosfer hampir sama dengan tekanan hidrostatik yang disebabkan oleh berat udara di atas titik pengukuran. Massa udara dipengaruhi tekanan atmosfer umum di dalam massa tersebut, yang menciptakan daerah dengan tekanan tinggi (antisiklon) dan tekanan rendah (depresi). Daerah bertekanan rendah memiliki massa atmosfer yang lebih sedikit di atas lokasinya, di mana sebaliknya, daerah bertekanan tinggi memiliki massa atmosfer lebih besar di atas lokasinya.

Rumus tekanan atmosfer adalah sebagai berikut.

$$P_{total} = P_0 + \rho gh \dots \dots \dots (3)$$

Di mana: P_{total} = Tekanan yang diterima benda secara keseluruhan (Pa)

P_0 = Tekanan atmosfer di permukaan air (Pa)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

h = Jarak benda dari permukaan air (m)

2.3.3 Kestimbangan Benda Tegar

Benda tegar adalah benda yang bentuknya tidak berubah saat diberi gaya dari luar. Benda dianggap sebagai suatu titik materi yang ukurannya bisa diabaikan. Hal ini berlaku jika benda dimasukkan ke dalam sistem partikel. Oleh karena itu, semua gaya yang bekerja pada benda tersebut hanya dianggap bekerja pada titik materi yang menyebabkan gerak translasi. Gerak translasi terjadi jika jumlah keseluruhan gaya yang bekerja pada suatu benda sama dengan nol ($\sum F = 0$).

Kestimbangan benda tegar adalah kondisi di mana momentum suatu benda bernilai nol. Artinya, jika awalnya benda diam, benda tersebut akan cenderung untuk diam. Syarat kestimbangan yang berlaku pada benda hanya syarat kestimbangan translasi. Hal itu berbeda dengan syarat kestimbangan benda tegar. Syarat kestimbangan benda yang berlaku pada benda tegar adalah syarat kestimbangan translasi dan rotasi.

$$\sum F = 0 \text{ dan } \sum \tau = 0 \dots \dots \dots (4)$$

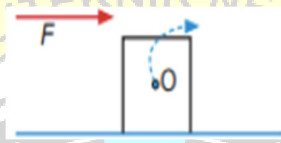
Di mana: $\sum F$ = Keseluruhan gaya yang bekerja pada suatu benda (N)

$\sum \tau$ = Keseluruhan torsi yang bekerja pada suatu benda (Nm)

Berdasarkan kemampuan benda untuk kembali ke posisi semula, keseimbangan benda tegar dibagi menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

a. Keseimbangan stabil (mantap)

Keseimbangan stabil adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke posisi semula saat benda diberi gangguan. Gangguan tersebut mengakibatkan posisi benda berubah (pusat gravitasi O naik).



Gambar 2.6 Kesetimbangan Stabil
Sumber: Quipper Video

b. Keseimbangan labil (goyah)

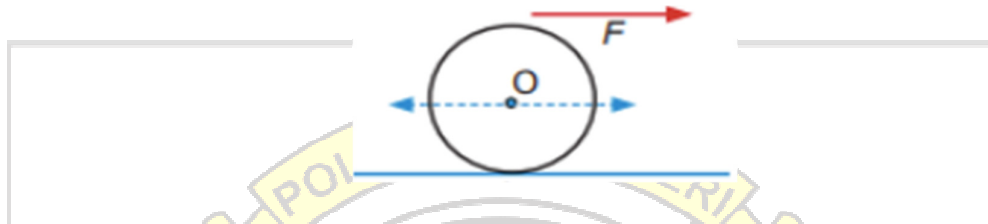
Keseimbangan labil terjadi jika benda tidak bisa kembali ke posisi semula saat gangguan pada benda dihilangkan. Gangguan yang diberikan menyebabkan posisi benda berubah (pusat gravitasi O turun). Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar berikut.



Gambar 2.7 Kesetimbangan Labil
Sumber: Quipper Video

c. Keseimbangan netral (*indeferen*)

Keseimbangan netral terjadi jika benda mendapatkan gangguan di mana pusat gravitasi O pada benda tidak naik atau tidak turun. Akan tetapi, benda berada di posisinya yang baru. Perhatikan gambar berikut.

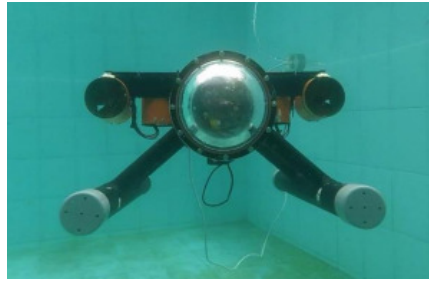


Gambar 2.8 Kesetimbangan Netral
Sumber: Quipper Video

2.4 Penelitian Robot Bawah Air Sebelumnya

1. Rancang Bangun Robot Bawah Air

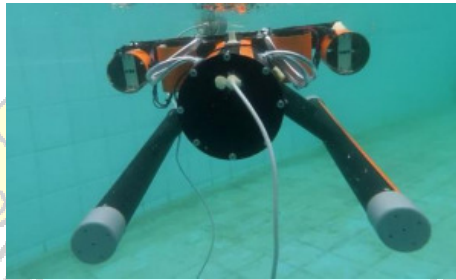
Penelitian ini dilakukan oleh Yogie, J., Poekoel V. C., dan Putro, M. D. (2018) dari Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi, Manado. Pada penelitian ini robot bawah air memiliki pusat pengendali Arduino, memiliki empat buah motor *brushless* yang dikendalikan oleh ESC (*Electronic Speed Control*). Robot bawah air ini dapat bergerak dengan baik di dalam air dan dapat menampilkan hasil pengambilan gambar di dalam air. Pengujian robot ini meliputi pengujian kecepatan robot bergerak maju, mundur, menyelam, naik ke permukaan, belok ke kanan atau ke kiri, pengujian kedalaman robot dapat menyelam dan pengujian kamera menampilkan video secara langsung. Penelitian robot ini mendapatkan hasil penyelaman yaitu 1,5m dalam kolam renang dan menampilkan hasil pengamatan berupa video yang ditampilkan pada monitor secara langsung. Robot bawah air ini masih memerlukan beberapa penggabungan agar dapat digunakan di dalam laut.



(a)



(b)



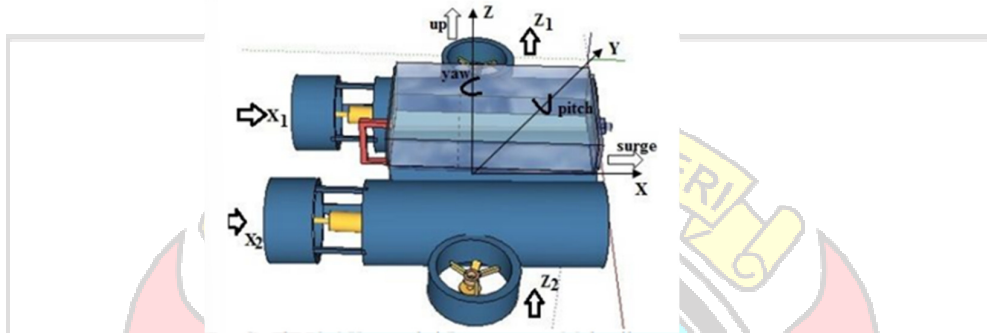
(c)

Gambar 2.9 Rancang Bangun Robot Bawah Air tampak depan (a), tampak samping (b), tampak belakang (c)

2. Rancang Bangun Robot Sebagai Alat Bantu Penjelajah Bawah Air

Penelitian ini dilakukan oleh Hawari, K., dkk. (2016) dengan judul “Rancang Bangun Robot Sebagai Alat Bantu Penjelajah Bawah Air”. Penggunaan robot bawah air tipe ROV (*Remotly Operated Vehicle*) sangat dibutuhkan sebagai sarana eksplorasi bawah air yang memiliki resiko tinggi bila dikerjakan oleh manusia. Robot ROV membutuhkan perancangan yang baik serta antarmuka (*interface*) secara *hardware* dan *software* untuk keperluan pengendaliannya. Karena itu, analisis kinematik, penggunaan sensor-sensor serta komunikasi serial pada interface sangat dibutuhkan. Pada proyek akhir ini, robot ROV dibuat menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai kontroler dengan *input* data berupa sensor *ultrasonic*, *accelerometer*, dan kamera. Dengan *output* berupa motor DC dan motor Servo. Komunikasi antara serial robot dengan PC

menggunakan mode dengan perangkat radio frekuensi SI1000. Gerakan robot dapat dikontrol secara manual pada aplikasi visual. Selain sebagai pergerakan robot, sistem ini juga dapat digunakan untuk menerima gambar yang dikirim kamera melalui media radio.

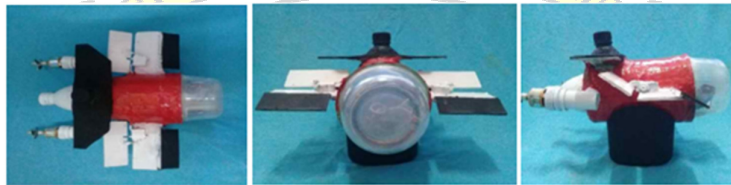


Gambar 2.10 Robot sebagai Alat Bantu Penjelajah Bawah air

3. Rancang Bangun Prototipe Robot Bawah Air

Penelitian ini dilakukan oleh Amirullah dan Santi, M. (2019) dengan judul “Rancang Bangun Prototipe Robot Bawah Air”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat prototipe robot bawah air yang tahan air dan untuk membuat mekanisme komunikasi data antara pengendali (*smartphone*) dengan mikrokontroler yang terpasang pada robot bawah air menggunakan perangkat *bluetooth*. Penelitian ini diawali dengan perancangan sistem mekanik dan elektronik robot. Kemudian dilakukan perakitan sistem mekanik dan elektronik berdasarkan rancangan sebelumnya. Setelah itu dilakukan pengujian sistem mekanik dan elektronik berdasarkan rancangan sebelumnya. Setelah itu dilakukan pengujian sistem mekanik dan elektronik. Tahap selanjutnya adalah pemrograman dan pengujian program. Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah pengujian sistem robot secara keseluruhan, terutama pengujian ke air. Perakitan dan

pengujian perangkat keras komponen-komponen robot baik mekanik maupun elektronik telah dilakukan. Pengujian kedap air dengan cara merendam robot ke dalam air selama kurang lebih 5 menit juga telah dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot bawah air dapat berada di dalam air tanpa mengalami rembesan air ke dalam tubuh robot. Komunikasi data antara pengendali dan mikokontroler robot dengan menggunakan perangkat *bluetooth* dapat dilakukan pada jarak maksimal 10 m.



Gambar 2.11 Prototipe Robot Bawah Air

4. Pengembangan Robot Bawah Air Berbasis Arduino Mega 2560

Penelitian ini dilakukan oleh Dewa, R. M. dan Dewa A. N. (2020) dengan judul “Pengembangan Robot Bawah Air Berbasis Arduino Mega 2560”. Tujuan dari penelitian ini untuk membuat sebuah robot bawah air yang kedap terhadap air dan mengontrol robot bawah air tersebut menggunakan *joystick* melalui media kabel dan *smartphone* melalui media nirkabel. Sehubungan dengan itu, penelitian ini dimulai dengan perancangan sistem mekanik, sistem elektronik dan program robot. Setelah itu, dilakukan dengan pengujian robot, analisis data, dan pengambilan data menggunakan rumus-rumus teori yang ada. Robot dikontrol secara manual menggunakan *joystick* dan *smartphone android* melalui *bluetooth*. Perancangan, perakitan, dan pengujian komponen- komponen robot bawah air telah dilakukan. Semua komponen dapat berfungsi, baik aktuator maupun komunikasi data antara robot dan *joystick*. Pengujian kedap air juga telah dilakukan. Hasil

pengujian menunjukkan bahwa badan robot bawah air tersebut telah kedap terhadap air. Jarak terjauh komunikasi data antara robot dengan *joystick* adalah 5meter sesuai dengan panjang kabel yang digunakan.

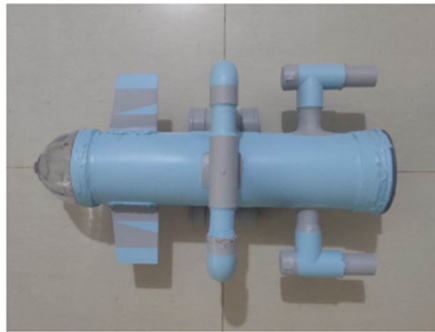


Gambar 2.12 Robot Bawah Air Berbasis Arduino Mega 2560

5. Analisis Kendali Gerakan Robot Bawah Air Berbasis Mikrokontroler

Penelitian ini dilakukan oleh As-Sahra, M. D. dan Elias, G. G. (2021) dengan judul “Analisis Kendali Gerakan Robot Bawah Air Berbasis Mikrokontroler”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kontrol gerak dan pengolahan data dan sinyal kontrol dari sebuah robot bawah air. Penelitian ini diawali dengan perancangan sistem mekanik dan elektronik robot bawah air. Setelah itu, sistem mekanik dan elektronik robot bawah air dirakit berdasarkan desain. Langkah selanjutnya adalah untuk menguji sistem mekanik dan elektronik. Tahap selanjutnya adalah pemrograman dan pengujian keseluruhan sistem robot bawah air. Tahapan akhir dari penelitian ini adalah pengujian dan pengambilan data, analisis data, pelaporan, dan publikasi. Hasil dan pembahasan

perakitan dan pengujian komponen- komponen perangkat keras, baik mekanik maupun elektronik untuk robot bawah air telah dilakukan. Pengujian robot saat menyelam, saat berada di permukaan air dan saat berada di daratan telah dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot bawah air ini dapat menyelam hingga kedalam 0,6 m dan motor *brushless* yang menggerakkan vertikal ke atas dimatikan mati.



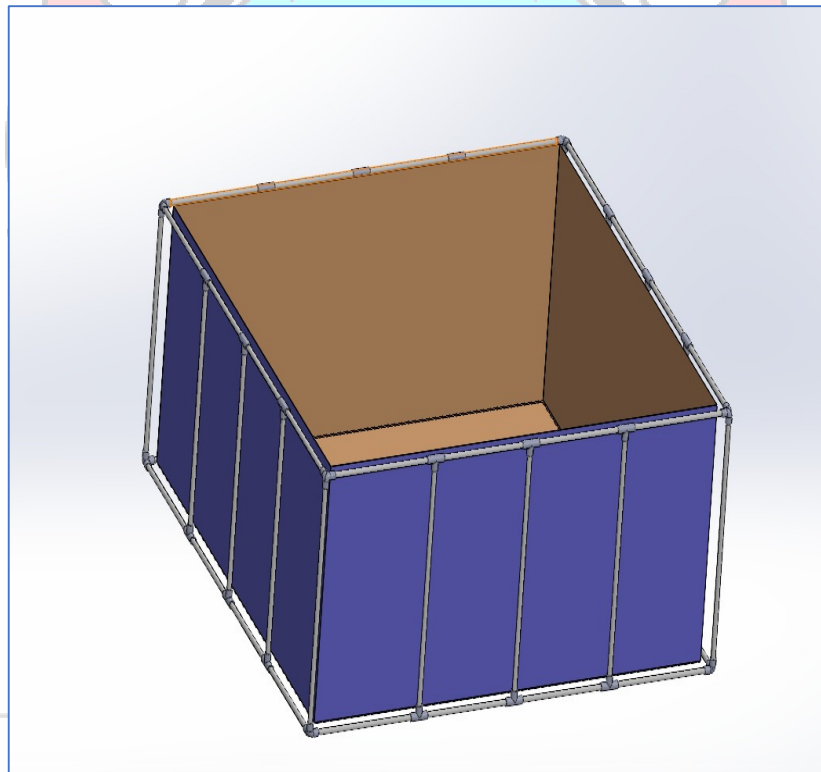
Gambar 2.13 Robot Bawah Air Berbasis Mikrokontroler

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika, dan Laboratorium Riset Pascasarjana Politeknik Negeri Ujung Pandang. Adapun waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Maret 2023 – Agustus 2023.

Pengujian Robot dilakukan di kolam buatan dengan ukuran kolam panjang 2 m, lebar 2 m, tinggi 1 m dengan menggunakan air tawar. Adapun tampilan kolam dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Desain Kolam Pengujian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, terdapat beberapa alat dan bahan untuk membuat dan merakit robot bawah air. Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Alat

No	Nama Alat	Jumlah
1	Laptop	1 unit
2	Gergaji Besi	1 unit
3	Bor listrik	1 unit
4	Tang Potong	1 unit
5	Amplas	1 unit
6	Gurinda	1 unit
7	Solder	1 unit
8	Lem	1 unit
9	Obeng (+) dan Obeng (-)	1 unit
10	Multimeter	1 unit
11	Cutter	1 unit
12	Penghisap Timah	1 unit
13	Gunting	1 unit
14	Penggaris	1 unit
15	Jangka Sorong	1 unit

Tabel 3.2 Bahan

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Arduino Mega 2560	1 unit
2	<i>Brushless Motor</i> 12 V	6 unit
3	<i>Propeller Underwater Robot</i>	6 unit
4	<i>Electric Speed Control (ESC)</i> 30 A	6 unit
5	<i>Waterpump</i>	2 unit
6	<i>Joystick</i>	1 unit
7	Kabel LAN 5 meter	1 unit
8	<i>Power Supplay</i> 12V 5A	1 unit
9	Box Elektronik	1 unit
10	Pipa PVC 4 inch	4 meter
11	Penutup pipa 4 inch	5 unit
12	<i>Aluminium composite panel</i>	2 meter
13	Selang 10mm	10 meter
14	Lem Kapal	2 unit
15	Lem Alteco	2 unit
16	Gulungan timah	1 unit
17	Kabel <i>jumper</i> Arduino	Sesuai kebutuhan

Adapun beberapa perangkat lunak (*software*) yang akan digunakan dalam

penelitian ini, yaitu:

1. Autodesk Inventor 2022 Pro
2. Arduino IDE

3.3 Prosedur Penelitian

Untuk memperoleh suatu alat yang baik, diperlukan suatu langkah-langkah mengenai perancangan sehingga hasil yang diperoleh dapat maksimal. Adapun diagram tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian robot bawah air ditunjukkan pada Gambar 3.3.

1. Studi Literatur

Studi literatur, merupakan serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta pengolahan bahan penelitian yang berupa skripsi, jurnal, *paper*, dan buku yang mana informasi tersebut harus *relevan* dengan produk yang akan dibuat. Setelah itu dilakukan pembuatan suatu rancangan penelitian dalam bentuk proposal yang berisi tentang kerangka dasar bagi penulis dalam melaksanakan penelitian.

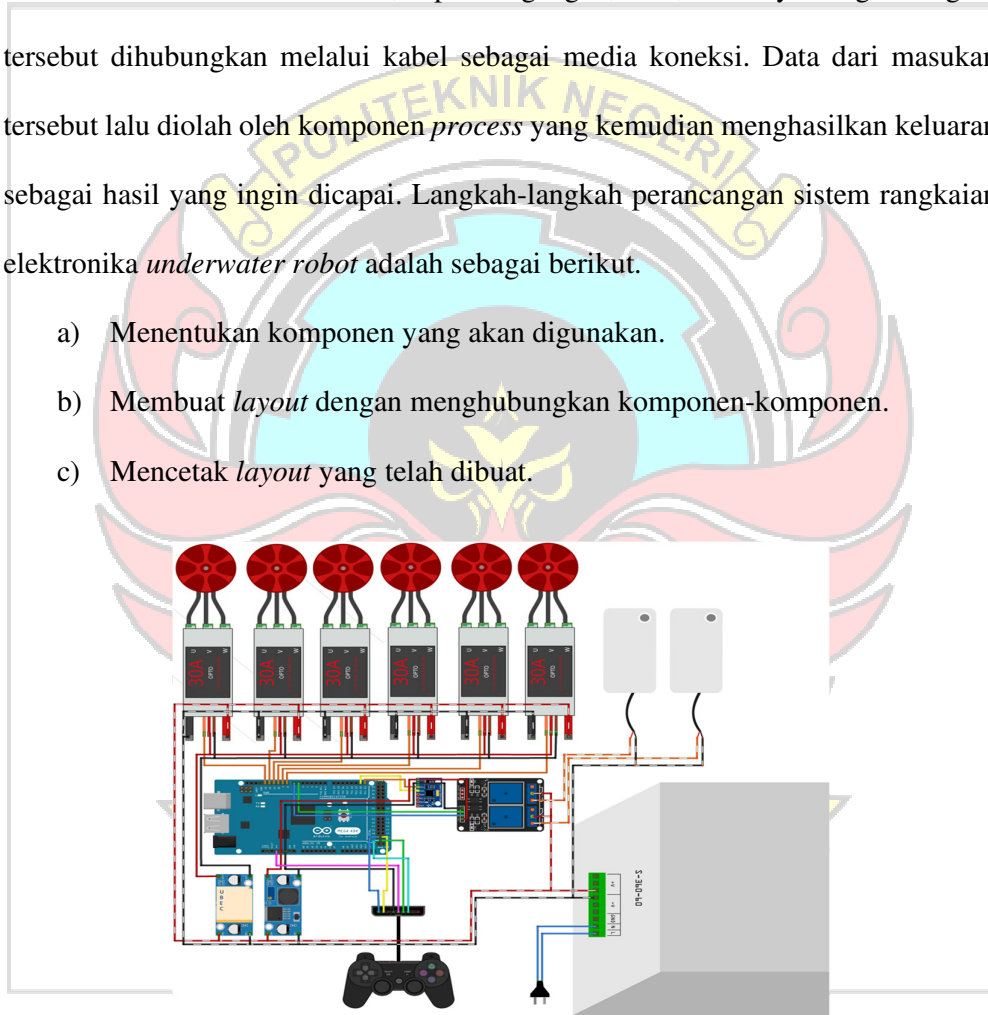
2. Perancangan *Underwater Robot*

Pengembangan, perancangan, dan perakitan *underwater robot* dilakukan proses perancangan mekanik, elektronik, dan sistem kerja otomatis. Tujuan dari perancangan dan perakitan tersebut adalah untuk membuat pergerakan robot di bawah air menjadi optimal. Perancangan mekanik merupakan tahap awal dalam perancangan *underwater robot*. Sistem mekanik meliputi pembuatan desain *body* atau rangka robot yang akan menjadi tempat dari peralatan elektronik dan beberapa komponen lainnya. Berikut adalah langkah-langkah dalam perancangan sistem mekanik.

- a) Membuat gambaran kasar mengenai desain robot yang dibuat.
- b) Menggambar desain robot pada *software* Autodesk Inventor.

Tahap awal perancangan rangkaian elektronika yaitu membuat gambaran mengenai sistem kerja dari alat tersebut. Secara garis besar, rangkaian elektronika pada *underwater robot* memiliki tiga bagian utama, yaitu masukan (*input*), pengolahan data (*process*), dan keluaran (*output*). Masukan dapat berupa besaran listrik dari sensor dan kontroler, seperti tegangan, arus, dan daya. Bagian-bagian tersebut dihubungkan melalui kabel sebagai media koneksi. Data dari masukan tersebut lalu diolah oleh komponen *process* yang kemudian menghasilkan keluaran sebagai hasil yang ingin dicapai. Langkah-langkah perancangan sistem rangkaian elektronika *underwater robot* adalah sebagai berikut.

- a) Menentukan komponen yang akan digunakan.
- b) Membuat *layout* dengan menghubungkan komponen-komponen.
- c) Mencetak *layout* yang telah dibuat.



Gambar 3.2 Desain Sistem Elektronika

3. Pengadaan Alat dan Bahan

Pengadaan Alat dan Bahan merupakan tindak lanjut dari perancangan mekanik dan elektronik. Dalam pembuatan robot, diperlukan ketersediaan alat dan bahan sebagai bagian terpenting dalam pembuatan robot. Alat dan bahan yang disediakan harus sesuai dengan komponen yang ditentukan pada tahap perancangan mekanik dan elektronik.

4. Perakitan *Underwater Robot*

Perakitan *underwater robot* meliputi pembuatan sistem mekanik, pembuatan sistem elektronik, dan pembuatan program. Pembuatan sistem mekanik merupakan tindak lanjut dari perancangan sistem mekanik yang telah dibuat. Hasil rancangan yang telah dibuat kemudian diimplementasikan ke dalam bentuk fisik *body* robot bawah air. Pembuatan sistem elektronik merupakan tindak lanjut dari perancangan elektronik. Pembuatan sistem elektronik meliputi pembuatan atau penyusunan layout komponen atau jalur koneksi ke dalam PCB. Hasil rancangan tersebut kemudian diimplementasikan ke dalam bentuk papan rangkaian (board). Adapun pembuatan program bertujuan untuk membuat serangkaian instruksi yang ditulis untuk melakukan suatu fungsi spesifik pada modul yang biasa disebut coding. Pembuatan program dilakukan menggunakan software Arduino IDE. Program yang telah dibuat kemudian diunggah ke Arduino Mega 2560 untuk kemudian diproses lalu dieksekusi oleh aktuator.

5. Pengujian *Underwater Robot*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah *underwater robot* telah yang dihasilkan dapat bekerja dengan baik. Adapun pengujian yang dilakukan adalah uji terhadap kekedapan air, pengujian pergerakan robot di bawah air, pengujian sistem elektronika, serta pengujian program.

6. Pengambilan Data

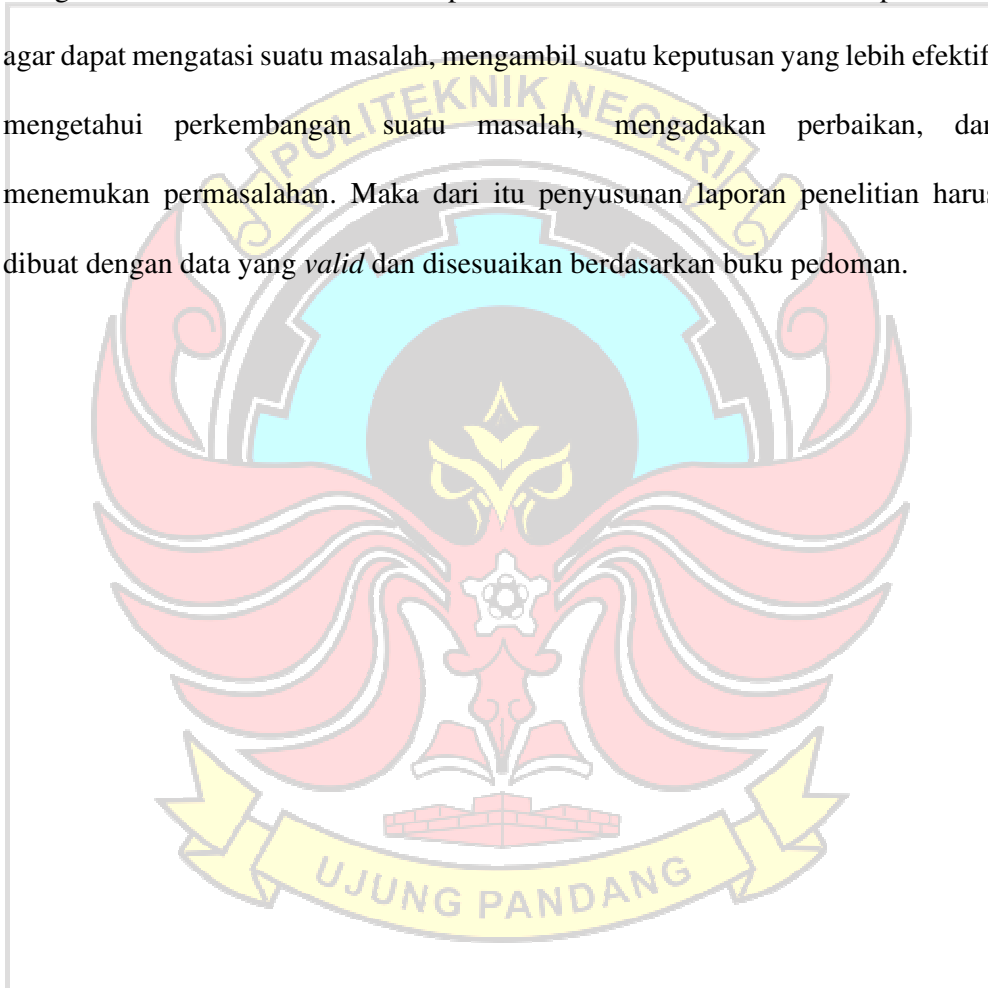
Adapun data yang diambil pada tahap pengujian meliputi batas waktu maksimal *underwater robot* menyelam di dalam air dalam sekali pengujian serta kemampuan robot untuk bergerak maju, mundur, naik, dan turun di dalam air.

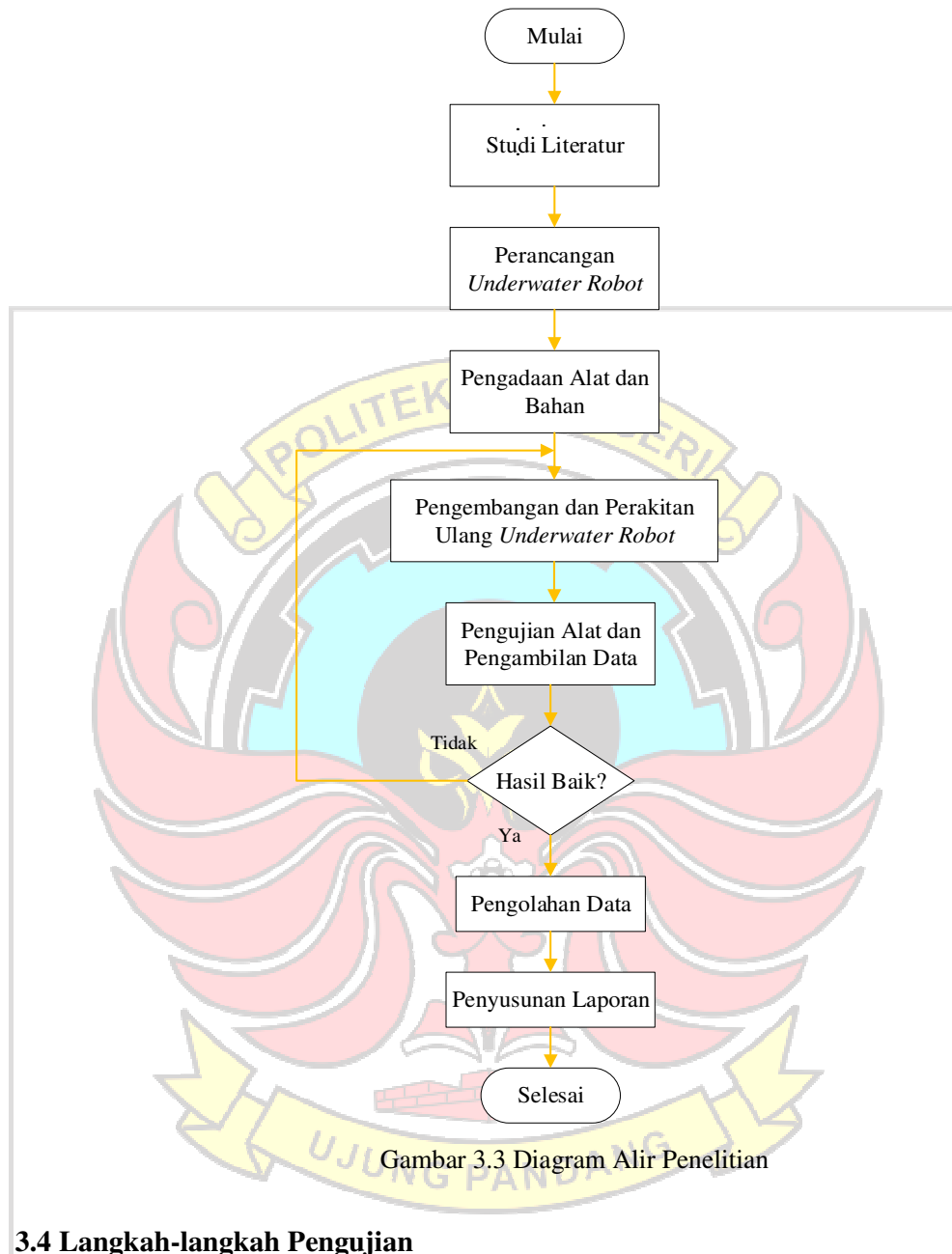
7. Pengolahan Data

Pengolahan data yang terkumpul dari lapangan selanjutnya diolah melalui pendekatan statik yang sesuai dengan masalah yang akan diteliti. Pengolahan data bertujuan untuk mengambil informasi data dan menghasilkan informasi lain yang berguna untuk pengembangan selanjutnya. Pada tahap pengambilan data merupakan tahap mengumpulkan semua data hasil pengujian kemudian data tersebut di proses untuk dibuat suatu kesimpulan terkait kegiatan penelitian. Pada dasarnya pengambilan data dapat dilakukan secara paralel dengan kegiatan pengujian robot karena setiap melakukan pengujian tentu ada data yang dihasilkan. Hasil data yang diambil disajikan dalam bentuk algoritma atau visual yang mudah dipahami untuk dipublikasikan atau dibuat laporan hasil penelitian. Data tersebut menjadi arsip dan sumber referensi jika robot tersebut dikembangkan.

8. Pembuatan Laporan

Penyusunan laporan, merupakan bukti tertulis untuk menilai kualitas dan ketetapan penelitian dalam menyelesaikan rumusan masalah secara *real*. Tahap ini merupakan tahapan akhir dalam kegiatan penelitian ini. Tahapan ini berisi mengenai seluruh informasi selama penelitian dalam bentuk data hasil penelitian agar dapat mengatasi suatu masalah, mengambil suatu keputusan yang lebih efektif, mengetahui perkembangan suatu masalah, mengadakan perbaikan, dan menemukan permasalahan. Maka dari itu penyusunan laporan penelitian harus dibuat dengan data yang *valid* dan disesuaikan berdasarkan buku pedoman.





3.4 Langkah-langkah Pengujian

Pada langkah-langkah pengujian, sistem mekanik dan sistem elektronik dirancang pada *software* atau aplikasi sesuai dengan mekanisme dan gambaran umum peralatan yang dibuat.

1. Pengujian Kekedapan Air

Pada tahapan ini, sistem mekanik yang telah dibuat diuji di bawah air. Pengujian dilakukan pada kolam air tawar dengan kedalaman kurang lebih 1 meter. Pengujian meliputi seberapa lama robot kedap terhadap air, kedalaman robot menyelam, kecepatan robot bergerak, dan keseimbangan robot mempertahankan posisi aslinya di bawah air.

2. Pengujian Sistem Elektronik

Pada tahapan ini, sistem elektronik yang telah dibuat diuji untuk mengetahui apakah sistem berjalan atau berfungsi dengan baik. Pengujian tersebut melibatkan putaran motor dalam menggerakkan robot, tegangan masuk dan keluaran serta konektivitas jalur komponen. Pengujian ini dilakukan dengan cara *troubleshooting* agar dapat memeriksa jalur koneksi ataupun mengukur serta melakukan pengambilan data terhadap beberapa parameter baik secara keseluruhan maupun terpisah.

Berikut beberapa pengujian dan pengambilan data yang dilakukan pada pengujian sistem elektronik:

- a) Pengujian torsi dan kecepatan motor dilakukan untuk menguji seberapa besar torsi dan nilai kecepatan yang dapat dihasilkan oleh BLDC motor.
- b) Pengujian tegangan dilakukan untuk memastikan tegangan masuk dan

tegangan keluar pada aktuator dan komponen lainnya sesuai dengan tegangan kerja masing-masing komponen.

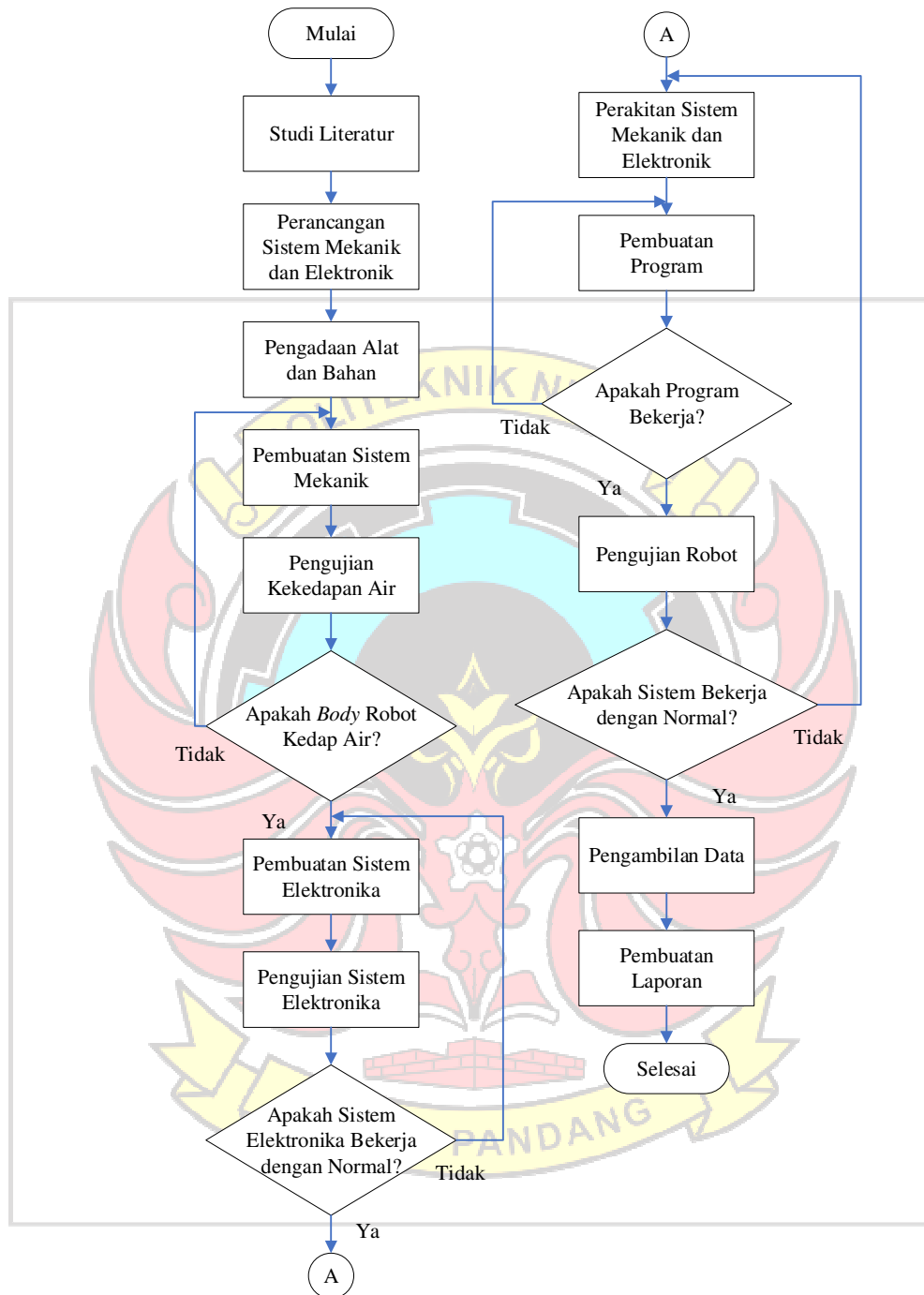
3. Pengujian Robot di Bawah Air

Pada tahap ini sistem kontrol yang telah di rakit selanjutnya diuji dan dilakukan pengambilan data. Pengujian dan pengambilan data yang di lakukan adalah menguji program untuk mengetahui aktuator dalam mengolah perintah, menguji kekuatan kerangka (*body*) untuk mengetahui kekedapan kerangka di bawah air, menguji pergerakan robot secara vertikal maupun horizontal, menguji kecepatan robot bawah air untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk sampai pada dasar bawah air.

3.5 Teknik Analisis Data

Analisis data adalah proses mencari dan menyusun data yang diperoleh dari hasil lapangan dan dokumentasi secara sistematis dengan mengorganisasikan data ke dalam kategori, menjabarkan ke dalam unit-unit, melakukan sintesa, menyusun ke dalam pola, memilih mana yang akan dipelajari dan membuat kesimpulan sehingga mudah dipahami diri sendiri maupun orang lain.

Teknik analisis data yang digunakan dalam pengolahan data robot bawah air adalah teknik analisis data kuantitatif. Pengambilan data dilakukan dengan mengumpulkan semua data hasil pengujian kemudian data diproses untuk dibuat suatu kesimpulan terkait kegiatan penelitian. Bentuk data yang diambil adalah bobot robot sebelum dan sesudah diisi air *ballast*, kesetimbangan dan titik berat, ketahanan dan kestabilan robot di dalam air, kecepatan robot saat berpindah posisi, menyelam dan naik ke permukaan, kecepatan robot dalam mengeksekusi perintah program, serta jarak maksimum yang dapat dicapai oleh robot.



Gambar 3.4 Diagram Alir Perancangan Robot Bawah Air

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian dan Eksperimen

Hasil penelitian terdiri atas pengerjaan mekanik, elektronik dan informatika. Sistem Mekanika meliputi perancangan mekanik sebagai badan robot, sistem elektronika meliputi perancangan elektrik dan sistem informatika meliputi perancangan program arduino untuk menggerakkan sistem mekanik robot. Setelah seluruh perangkat dirakit maka dilakukan pengujian terhadap komponen yang digunakan.

4.1.1 Hasil Pengerjaan Mekanika

Setelah penulis melakukan perancangan mekanik, maka didapatkan hasil proses pekerjaan seperti dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Proses Perakitan Robot, (a) Hasil *Cutting Frame*, (b) Pipa *Ballast*, (c) Partisi *Ballast*, (d) *Assembly Frame* yang sudah di *Cutting*, (e) Pemasangan *Holder Ballast*

Pada gambar 4.1 (a) menunjukkan hasil proses pemotongan *aluminium composite panel* menggunakan mesin *cutting* yang merupakan *body* atau *frame* pada robot lalu di *assembly* setiap potongan. Gambar 4.1 (b) menunjukkan hasil pemotongan pipa pvc sepanjang 50 cm yang digunakan sebagai *ballast* robot lalu di beri penutup pipa di setiap sisi pipa. Pada Gambar 4.1 (c) menunjukkan hasil *assembly* dari potongan *aluminium composite panel* dengan *as drat* m6 sepanjang 25 cm sebagai penghubung atau rangka dari partisi *ballast*. Gambar 4.1 (d) merupakan hasil *assembly* dari beberapa potongan yang ada pada Gambar 4.1 (a) dan pada Gambar 4.1 (e) hasil *assembly* dengan menambahkan *holder* pada *ballast*.

Adapun hasil akhir pengerjaan mekanika dapat dilihat pada Gambar 4.2:



Gambar 4.2 Robot Bawah Air Berbasis *Ballast*

Berdasarkan hasil Pengembangan Mekanisme Pergerakan Robot Bawah Air Berbasis *Ballast*, alat yang dirancang mampu kedap terhadap air, dapat bergerak dalam air dengan baik dan stabil, juga dapat dikontrol menggunakan *joystick*. Adapun bagian-bagian sistem mekanik robot meliputi *body* utama robot, mekanisme penggerak robot, serta penyeimbang robot dan *ballast*.

1. *Body* Utama Robot (*frame*)

Body atau badan robot terbuat dari ACP (Aluminium Composite Panel). Badan robot memiliki diameter mm dan Panjang mm. Badan utama robot dirancang terbagi 3 bagian yaitu bagian *frame*, bagian untuk tempat elektronik yang kedap terhadap air, dan bagian *ballast* sebagai pemberat sekaligus yang membuat robot mengapung.

2. Mekanisme Penggerak Robot

Mekanisme penggerak robot terdiri dari aktuator 6 buah *brushless DC* yang dimana 4 buah menghadap vertikal yang dipasang sejajar depan dan belakang, dan 2 buah menghadap horizontal yang dipasang sejajar kiri dan kanan.

3. Penyeimbang Robot dan *Ballast*

Penyeimbang robot dan *ballast* terletak pada sisi samping yaitu kiri dan kanan robot yang memungkinkan posisi robot tetap stabil jika berada pada permukaan maupun didalam air.

4.1.2 Hasil Pengerjaan Elektronika

Sistem elektronika *underwater robot* menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai kontroler serta motor *brushless DC* sebagai aktuator penggerak. Kecepatan motor *brushless* diatur oleh *electric speed control* (ESC). Tangki *ballast* pada *underwater robot* disuplai dan dikuras menggunakan dua buah pompa 12volt yang dihubungkan ke *relay*. Sumber tegangan menggunakan *power supply* 12volt yang menyuplai tegangan listrik PLN ke Arduino dan didistribusikan ke komponen-komponen lainnya. Rangkaian ini juga menggunakan *Joystick* sebagai pengendali robot bawah air.

Pada rangkaian elektronika terdapat rangkaian sistem komunikasi, sistem penggerak, dan sistem pengisian tangki *ballast*. Pada rangkaian sistem komunikasi merupakan rangkaian yang memungkinkan robot dapat dikontrol melalui *joystick*. Pada rangkaian sistem penggerak merupakan rangkaian mekanisme gerakan robot secara horizontal dan vertikal yang terdiri dari komponen ESC dan motor *brushless DC*. Rangkaian sistem pengisian tangki *ballast* merupakan rangkaian untuk melakukan penghisapan air ke dalam tangki juga mengeluarkan air yang terdiri dari *relay* dan pompa celup air 12volt.

Adapun proses perakitan rangkaian elektronika dapat dilihat pada gambar 4.3.

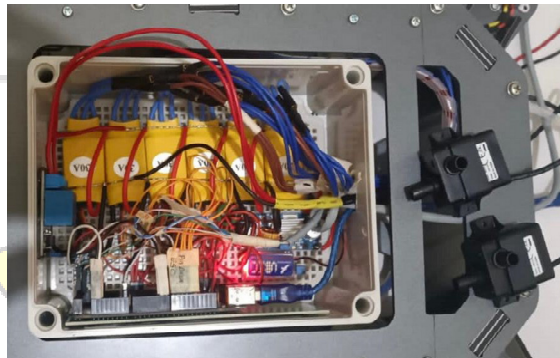


Gambar 4.3 Proses Perakitan Elektronika, (a) Merakit Komponen ke *Box* Elektronika, (b) Merakit rangkaian motor dan menghubungkan semua kabel.

Pada Gambar 4.3 (a) proses perakitan rangkaian elektronika untuk dimasukkan kedalam box elektronika dan Gambar 4.3 (b) proses merakit rangkaian motor pada *body* robot serta pemasangan kabel pada setiap komponen pada *box*

elektronik lalu diberikan lubang pada salah satu sisi *box* sebagai *output* kabel yang berada pada *body* atau *frame* robot.

Hasil akhir perakitan rangkaian elektronika dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Elektronika pada Robot

4.1.3 Hasil Pengerjaan Informatika

Sistem komunikasi pada robot dirancang menggunakan *software* Arduino IDE. Adapun proses pengerjaan sebagai berikut:

- 1). Pengujian kalibrasi motor *brushless*

Pada bagian ini merupakan tampilan program untuk menguji kalibrasi dari motor *brushless dc* yang ada pada robot. Gambar 4.5 menunjukkan program kalibrasi motor.

```
ESC_KALIBRASI_2_MOTOR | Arduino 1.8.16
File Edit Sketch Tools Help
ESC_KALIBRASI_2_MOTOR
//ESC_Kalibrasi sketch; author: ELECTRONOIDS ~
#include <Servo.h>

#define MAX_THROTTLE 2000
#define MIN_THROTTLE 1000
#define MOTOR_PIN 12
#define MOTOR_PIN2 13
int DELAY = 1000;

Servo motor;
Servo motor2;

void setup() {
  Serial.begin(57600);
  Serial.println("Don't forget to subscribe!");
  Serial.println("ELECTRONOIDS ESC calibration...");
  Serial.println("");
  delay(1500);
  Serial.println("Program begin...");
  delay(1000);
  Serial.println("This program will start the ESC.");
  motor.attach(MOTOR_PIN);
  motor2.attach(MOTOR_PIN2);

  Serial.print("Now writing maximum output: (");Serial.print(MAX_THROTTLE);Serial.print(" us in this case");Serial.println("");
  Serial.println("Turn on power source, then wait 2 seconds and press any key.");
  motor.writeMicroseconds(MAX_THROTTLE);
  motor2.writeMicroseconds(MAX_THROTTLE);

  // Wait for input
  while (!Serial.available());
  Serial.println();
  // End of program
}
```

Gambar 4.5 Program Kalibrasi Motor *Brushless*

2). Pengujian Pompa Air

Pada bagian ini menunjukkan tampilan program untuk menguji penghisapan air pada pompa air yang digunakan pada robot. Gambar 4.6 menunjukkan program pompa air.



```
Pompa | Arduino 1.8.16
File Edit Sketch Tools Help

Pompa
const int pin = 6;
void setup()
{
  pinMode(pin, OUTPUT);
}

void loop()
{
  digitalWrite(pin, HIGH);
  delay(60000);
  digitalWrite(pin, LOW);
  delay(2000);
}
```

Gambar 4.6 Program Pompa Air

3). Pengujian pengontrolan

Pada bagian ini menunjukkan tampilan program untuk menguji sistem kontrol melalui *joystick* untuk mengendalikan pergerakan pada robot. Gambar 4.7 menunjukkan program *joystick*.



```
Stk_Kontrol | Arduino 1.8.16
File Edit Sketch Tools Help

Stk_Kontrol
#include //for v1.6

//create P2X Controller Class
//right now, the library does NOT support hot pluggable controllers, meaning
//you must always either restart your Arduino after you connect the controller,
//or call config_gamepad(pins) again after connecting the controller.
int error = 0;
byte type = 0;
byte vibrate = 0;
int X; int Y; int X2; int Y2; int X3; int Y3;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  //WARNING for v1.6 HERE!!! *****PAY ATTENTION*****
  delay(500);
  error = p2x.config_gamepad(13,11,10,12, false, false); //setup pins and settings! Gamepad(clock, command, attention, data, Pressure?, Humble?) check for error
  if(error == 0)
  {
    Serial.println("Found Controller, configured successful");
  }
  else if(error == 1)
  {
    Serial.println("No controller found, check wiring, see readme.txt to enable debug. visit www.billporter.info for troubleshooting tips");
  }
  else if(error == 2)
  {
    Serial.println("Controller found but not accepting commands. see readme.txt to enable debug. Visit www.billporter.info for troubleshooting tips");
  }
  else if(error == 3)
  {
    Serial.println("Controller refusing to enter Pressure mode, may not support it. ");
  }
  //Serial.print(p2x.Analog(1), HEX);
}
```

Gambar 4.7 Program Joystick

Adapun hasil penggabungan program dapat dilihat pada Gambar 4.8.

```
UNDERWATER_ROBOT | Arduino 1.8.16
File Edit Sketch Tools Help

UNDERWATER_ROBOT
#include <Servo.h>
#include <PS2X_lib.h>

PS2X ps2x;

byte Type = 0;
byte vibrate = 0;
int RX=0,RY=0,LX=0,LY=0;

#define deki 11
#define deka 8
#define beki 12
#define beka 10
#define maki 13
#define maka 9

#define pumpin 6
#define pumpout 7

#define nilmin 1000
#define nilup 1045
#define nilmax 1700

int pump1=0, pump2=0, vmotor;
int val, val2;
int start1, start2;

UNDERWATER_ROBOT | Arduino 1.8.16
File Edit Sketch Tools Help

UNDERWATER_ROBOT
Servo motor;
Servo motor2;
Servo motor3;
Servo motor4;
Servo motor5;
Servo motor6;

void stik() {
  ps2x.read_gamepad(false, vibrate);
  LY = ps2x.Analog(PS2_LY);  LX = ps2x.Analog(PS2_LX);
  RY = ps2x.Analog(PS2_RY);  RX = ps2x.Analog(PS2_RX);
  if(ps2x.NewButtonState() {
    if(ps2x.Button(PS2_START)) Serial.println("START PRESSED ");
    if(ps2x.Button(PS2_SELECT)) Serial.println("SELECT PRESSED ");
    if(ps2x.Button(PS2_PAD_UP)) Serial.println("UP PRESSED ");
    if(ps2x.Button(PS2_PAD_RIGHT)) Serial.println("RIGHT PRESSED ");
    if(ps2x.Button(PS2_PAD_LEFT)) Serial.println("LEFT PRESSED ");
    if(ps2x.Button(PS2_PAD_DOWN)) Serial.println("DOWN PRESSED ");
    if(ps2x.Button(PS2_L1)) Serial.println("L1 pressed ");
    if(ps2x.Button(PS2_R1)) Serial.println("R1 pressed ");
    if(ps2x.Button(PS2_L2)) Serial.println("L2 pressed ");
    if(ps2x.Button(PS2_R2)) Serial.println("R2 pressed ");
    if(ps2x.Button(PS2_L3)) Serial.println("L3 pressed ");
    if(ps2x.Button(PS2_R3)) Serial.println("R3 pressed ");
    if(ps2x.Button(PS2_GREEN)) Serial.println("Triangle pressed");
    if(ps2x.Button(PS2_BLUE)) Serial.println("XK pressed ");
    if(ps2x.Button(PS2_RED)) Serial.println("Circle pressed ");
    if(ps2x.Button(PS2_PINK)) Serial.println("Square pressed ");
  }
  Serial.print(LY,DEC); Serial.print(" ");
  Serial.print(LX,DEC); Serial.print(" ");
  Serial.print(RY,DEC); Serial.print(" ");
  Serial.print(RX,DEC); Serial.println(" ");
}

void pompa1(int kt){
  if(kt=0)(digitalWrite(pumpin, 1));
  if(kt=1)(digitalWrite(pumpin, 0));
}

void pompa2(int kt){
  if(kt=0)(digitalWrite(pumpout, 1));
  if(kt=1)(digitalWrite(pumpout, 0));
}

void setup() {
  Serial.begin(57600);
  ps2x.config_gamepad(52,51,53,50, true, true);
  Type = ps2x.readType();

  motor.attach(deki);
  motor2.attach(deka);
  motor3.attach(beki);
  motor4.attach(berka);
  motor5.attach(maki);
  motor6.attach(maka);

  motor.writeMicroseconds(1000);
  motor2.writeMicroseconds(1000);
  motor3.writeMicroseconds(1000);
  motor4.writeMicroseconds(1000);
  motor5.writeMicroseconds(1000);
  motor6.writeMicroseconds(1000);

  pinMode(pumpin, OUTPUT);
  pinMode(pumpout, OUTPUT);
  digitalWrite(pumpin, HIGH);
  digitalWrite(pumpout, HIGH);
}
```

Gambar 4.8 Hasil Penggabungan Program

4.1.4 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sejauh mana alat yang dihasilkan mencapai tujuan yang diinginkan. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk mengetahui tingkat kinerja dari alat tersebut. Setelah melakukan pengujian, maka hendaknya harus melakukan analisa terhadap apa yang diuji untuk mengetahui keberhasilan dari alat yang dibuat dalam skripsi ini.

1. Pengujian Sistem Mekanik

a) Kekedapan *Box* Elektronik

Pada pengujian ini, *box* elektronik yang digunakan diuji untuk memeriksa apakah *box* tersebut kedap terhadap air dengan cara merendam boks elektronik di baskom berisi air dengan kedalaman 20 cm selama 3 menit.

Setelah melakukan percobaan selama kurang lebih 3 menit yang dimana *box* yang diuji dimasukan selembar tisu sebagai indikator apakah *box* kedap atau tidak. Maka hasil yang di dapatkan dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pengujian *Box* Elektronik, (a) Menenggelamkan *Box*, (b) *Box* yang berisi Tisu sebagai Indikator

Adapun spesifikasi yang tercantum pada Gambar 4.10.

Merk EWIG.
Junction Box/Box Panel Screw Open-Close Type.
Fungsi : Terminal Box / Equipment Box / Gauge Box /
Switch Box / Electrical Distribution Box / Junction Box.
Tipe: AG150200100
Warna box: Abu - Abu
Ukuran : 150x200x100mm
Material Box: PVC.PC.ABS (Acrulonitrile Butadiene
Styrene)
Pilihan Varian:
1. Box Polos (Box tanpa base plate) sudah dapat baut
untuk Base Plate.
2. Box+Plate.

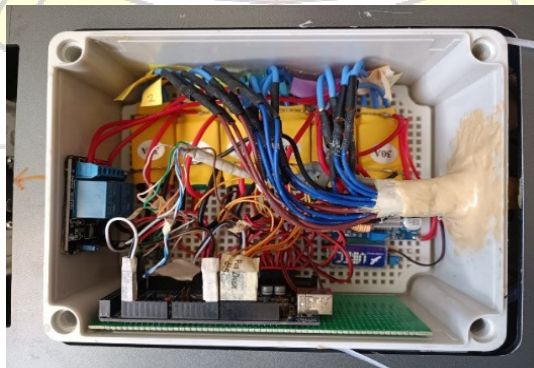
Protection Degree: IP66.
Protection against Mechanical Impact: IK08.

Juntion Box panel plastik dapat melindungi komponen
dari debu (dust proof), air (waterproof), guncangan dan
zat kimia.

Junction box panel plastik cocok digunakan untuk
pemasangan di dalam ruangan (indoor) dan diluar
ruangan (outdoor)

Gambar 4.10 Spesifikasi Box Elektronik

Setelah melakukan pengujian pada *box* maka selanjutnya pemasangan komponen elektronika ke dalam *box* yang kemudian diberikan lubang pada sisi *box* untuk memasukkan kabel yang berada pada luar *box*. Kemudian lubang tersebut diberikan lem kapal untuk menutup lubang yang ada pada *box*. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Box Elektronik Setelah di lem

Kemudian *box* yang telah dilakukan pengeleman diuji kembali untuk memastikan tidak ada lagi kebocoran pada *box*. Untuk mengetahui ketahanan kedap air robot maka dilakukan pengujian dengan menenggelamkan robot pada kolam dengan kedalaman 50 cm selama 5 menit. Adapun hasil pengujian *box* setelah dilakukan pengeleman dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kedap Air Robot

Percobaan	Waktu (s)	Kondisi
1	60	Kedap
2	120	Kedap
3	180	Kedap
4	240	Kedap
5	300	Kedap

Adapun proses pengujian kedap air Robot dapat dilihat pada Gambar 4.12.



(a)



(b)

Gambar 4.12 Uji Kedap Air Robot, (a) Robot dalam Air, (b) Pemberian Tisu Sebagai indikator.

Hasil pengujian kededapan yang dilakukan pada robot dinyatakan kedap terhadap air setelah dilakukan pengujian robot dalam air pada gambar 4.12 (a) dan terbukti pada gambar 4.12 (b) tidak ada lagi air yang masuk pada box karena tisu yang tidak basah selama robot di tenggelamkan pada kolam selama 5 menit.

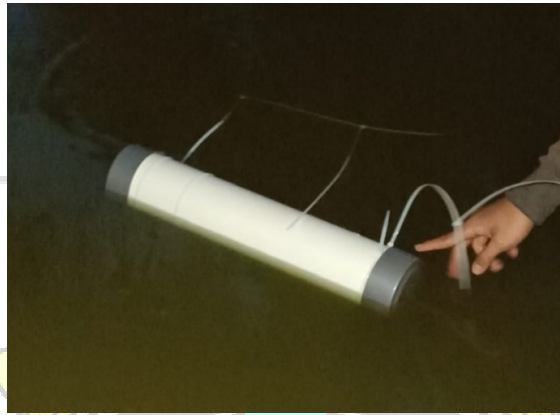
b) Pengujian *Ballast*

Pengujian tangki *ballast* dilakukan untuk mengetahui apakah tangki *ballast* terdapat kebocoran atau tidak. Selain itu pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah tangki *ballast* sudah seimbang atau belum. Namun saat dilakukan pengujian ditemukan bahwa tangki tersebut tidak dapat seimbang di dalam air jika tidak terisi penuh. Oleh karena itu perlu ditambahkan sekat-sekat seperti pada Gambar 4.13 di dalam tangki *ballast* untuk menahan air di dalam tangki agar dapat seimbang di dalam air.



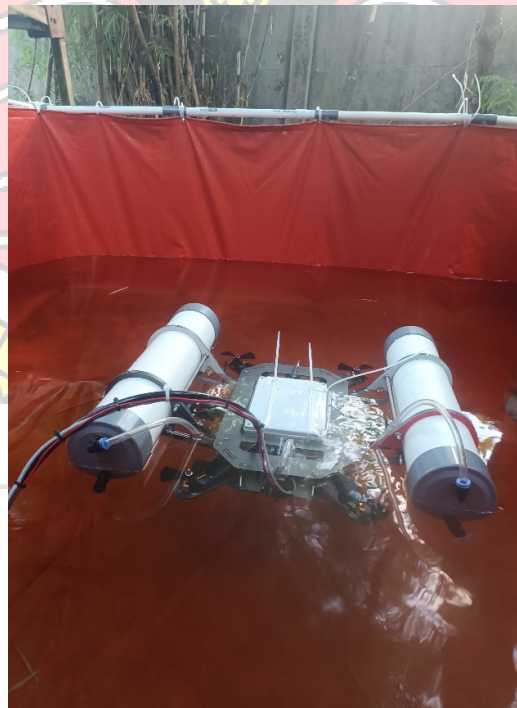
Gambar 4.13 Penambahan Sekat Penahan Air *Ballast*

Setelah ditambahkan sekat tangki *ballast* menjadi seimbang sehingga dapat melayang di dalam air dengan seimbang.

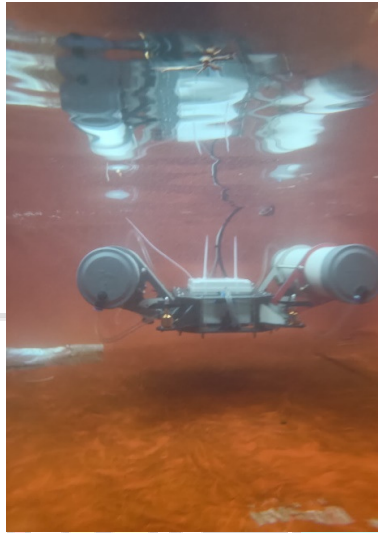


Gambar 4.14 Pengujian Tangki *Ballast*

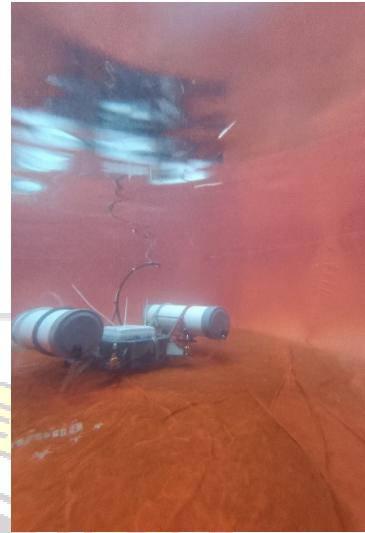
Spesifikasi tangki *ballast* yang digunakan adalah terbuat dari PVC AW berdiameter 4inch dengan panjang 50 cm. Adapun hasil pengujian *ballast* pada robot dapat dilihat pada gambar 4.15.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.15 Pengujian Ballast Pada Robot. (a) Posisi Robot Mengapung, (b) Posisi Robot Melayang, (c) Posisi Robot Tenggelam.

Gambar 4.15 (a) merupakan hasil pengujian robot yang menunjukkan robot mengapung pada saat *ballast* belum terisi air lalu gambar 4.15 (b) merupakan hasil pengujian robot yang menunjukkan robot melayang saat *ballast* terisi oleh air serta gambar 4.15 (c) merupakan hasil pengujian robot tenggelam ketika *ballast* terisi penuh oleh air.

c) Perhitungan Gaya Apung & Massa Jenis Robot

Untuk mengetahui gaya apung robot maka perlu dilakukan perhitungan dan analisis dari persamaan...

Diketahui: Massa jenis air tawar (ρ_{zc}) = 1000 kg/m³

$$\begin{aligned} \text{Volume robot (Vr)} &= \text{volume ballast} + \text{volume box} \\ &\quad \text{elektrik} + \text{volume frame} \\ &= 2 \times (\pi r^2 t) + (plt) + (plt + plt) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 2 \times (3,14 \times 57^2 \times 500) + (125 \times 175 \\
&\times 100) + ((400 \times 240 \times 4) - (210 \times \\
&160 \times 4)) + (400 \times 240 \times 4) \\
&= 2 \times (3,14 \times 1.624.500) + (2.187.500) \\
&+ ((384.000 - 134.400) + 384.000) \\
&= (10.223.700) + (2.187.500) + \\
&(633.600) \\
&= 13.022,960 \times 10^{-3} m^3
\end{aligned}$$

Jadi, volume keseluruhan robot adalah sekitar $13.022,960 \times 10^{-3} m^3$

Percepatan gravitasi bumi (g) = $9,8 \text{ m/s}^2$

Maka gaya apung robot adalah

$$\begin{aligned}
F_a &= \rho_{zc} \times V_r \times g \\
&= 1000 \times (13.022,960 \times 10^{-3}) \times 9,8 \\
&= 127,6 \text{ N}
\end{aligned}$$

Jadi, gaya apung robot adalah 127,6 N

Untuk membuat robot dapat mengapung atau melayang di dalam air, maka massa jenis robot dapat disesuaikan dengan massa jenis air tawar dengan mengatur massa jenis robot menggunakan sistem *ballast*.

Diketahui: Massa robot (m) = 5700 g

Volume robot (V) = $13.022,960 \times 10^{-3} m^3$

Maka massa jenis robot adalah

$$\rho_b = \frac{m}{V}$$

$$= \frac{5,7 \text{ kg}}{13.022,960 \times 10^{-3} m^3}$$

$$= \frac{5,7 \text{ kg}}{0.013022960 m^3}$$

$$= 436,97 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, massa jenis dari robot adalah sekitar $436,97 \text{ kg/m}^3$. Sehingga apabila ingin membuat robot melayang, maka perlu membuat massa jenis robot sama dengan massa jenis air, yakni mendekati 1000 kg/m^3 .

Dimana:

Massa jenis robot (ρ_b)	=	$436,97 \text{ kg/m}^3$
Massa robot (m)	=	$5,7 \text{ kg}$
Volume robot (V)	=	$13.022,960 \times 10^{-3} m^3$

Kita sudah memiliki nilai massa robot (m) dan volume robot (V), dan kita ingin mencapai massa jenis total ρ_b sekitar 1000 kg/m^3 . Maka sebut saja massa jenis tambahan yang kita butuhkan sebagai $\rho_{tambahan}$.

$$\rho_b = \frac{m}{v} + \rho_{tambahan}$$

$$1000 \text{ kg/m}^3 = \frac{5,7 \text{ kg}}{13.022,960 \times 10^{-3} m^3} + \rho_{tambahan}$$

$$\rho_{tambahan} = 1000 \text{ kg/m}^3 - \frac{5,7 \text{ kg}}{13.022,960 \times 10^{-3} m^3}$$

$$\rho_{tambahan} = 1000 \text{ kg/m}^3 - 436,97 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{tambahan} = 563,03 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, kita perlu menambahkan massa jenis sekitar $563,03 \text{ kg/m}^3$. Kita perlu menambahkan material dengan massa jenis sekitar $563,03 \text{ kg/m}^3$ ke robot untuk mencapai massa jenis total ρ_b sekitar 1000 kg/m^3 .

2. Pengujian Rangkaian Elektronik

a) Pengujian Motor *Brushless DC*

Motor *brushless* yang digunakan adalah tipe A2212/6T. Motor ini dipasang pada bagian depan, samping, maupun belakang robot bawah air pada kedua sisinya. Adapun spesifikasi motor *brushless* A2212/6T

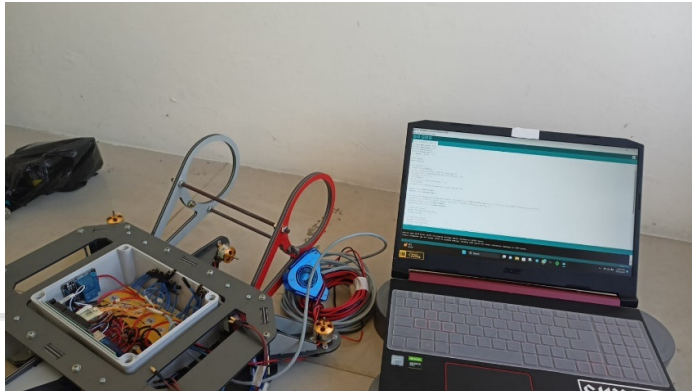
berdasarkan *datasheet* ditunjukkan pada Gambar 4.16.

- Number of Cells: 2-3s lipo; 6-10 cell NiMh (2V to 12V)
- Max Efficiency: 80%
- Internal Resistance: 90mΩ
- Max Current: 12A/60s
- Max Watts: 239 W
- Load Current: 21.5A
- Shaft Size: 3.17mm
- Weight: 49g (including all accessories)
- Dimensions: 27.5x30 (mm)
- Minimum Recommended ESC: 18A
- Recommended Model Weight: 300-1000g
- Mounting holes: 3mm (M3)

Gambar 4.16 Spesifikasi *Brushless*

Motor ini mampu berputar 2200 rpm *per-volt*. Artinya jika motor menggunakan *power supply* dengan nilai 12V maka motor dapat berputar dengan kecepatan maksimal 26.400 rpm.

Pengujian motor *brushless* dilakukan untuk mengetahui pergerakan robot. Pada pengujian ini digunakan *joystick* yang terhubung dengan arduino menggunakan kabel LAN. Proses pengujian motor *brushless* dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Pengujian Kalibrasi Motor *Brushless*

b) Pengujian Penghisapan Pompa Air

Pompa yang digunakan adalah pompa celup 12V 240L/H. Pompa ini di pasang pada bagian bawah depan untuk *output* air dan bawah belakang untuk *input* air. Adapun spesifikasi pompa celup 12V 240L/H ditunjukkan pada Gambar 4.18.

Specifications: Size: 54(L)x37(W)x42(H)mm Rated Voltage: DC12V Rated Current: 375MA Power Consumption: 3.6 - 4.2W Flow Rate: 240L/H Material: plastic Inlet diameter: 8mm Outlet diameter: 8mm Noise: 40DB Water Proof: IP68 Heat Resistance: 0-100 Cable Length: 45CM Package Size: 62*62*40mm Color: black
--

Gambar 4.18 Spesifikasi Pompa Celup 12V 240L/H

c) Pengujian *Joystick*

Pada pengujian ini *joystick* berfungsi untuk mengontrol robot melalui komunikasi serial yang menggunakan media kabel. Adapun pengujian *joystick* dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pengujian *Joystick*

Berdasarkan hasil pengujian, maka *joystick* mampu mengontrol robot sesuai dengan panjang kabel yang dihubungkan ke robot.

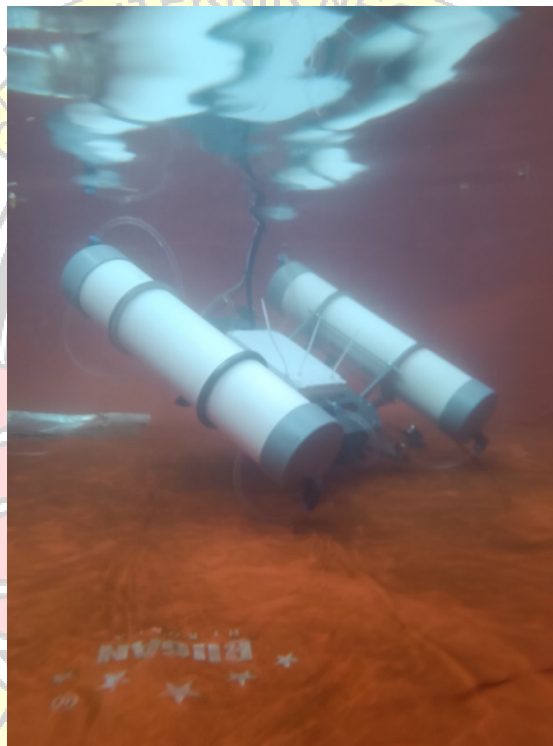
4.2 Pembahasan

4.2.1 Implementasi *ballast* pada robot bawah air.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap implementasi *ballast* pada robot bawah air diperoleh hasil bahwa *ballast* pada robot dapat membantu robot untuk tenggelam serta mengapung pada kolam dengan kedalaman 50 cm. Adapun waktu yang diperlukan robot dari atas hingga turun ke dasar kolam sekitar kurang lebih 10 menit. Begitu pula sebaliknya, ketika robot bergerak dari dasar kolam ke atas, juga membutuhkan waktu yang sama yaitu, kurang lebih 10 menit.

Akan tetapi, masih terdapat kekurangan dalam pengaplikasian sistem *ballast* sehingga pengimplementasian *ballast* kurang maksimal karena kondisi *ballast* yang tidak stabil pada saat di tenggelamkan. Hal ini disebabkan oleh partisi penahan air di dalam tangki tidak dapat menahan air dengan optimal sehingga air *ballast* tidak dapat menyeimbangkan robot di dalam air pada saat posisi robot

sedang melayang. Selain itu, pada saat pengisian air ballast udara di dalam tangki *ballast* ikut naik ke selang saluran udara ketika air telah mencapai titik lubang saluran udara. Sehingga pada saat melakukan pengisian air yang terjadi pada robot adalah durasi pengisian air yang lama serta terjadi kemiringan pada robot akibat adanya beban pada selang udara yang terisi oleh air. Hasil Tersebut dapat dilihat pada gambar 4.20.

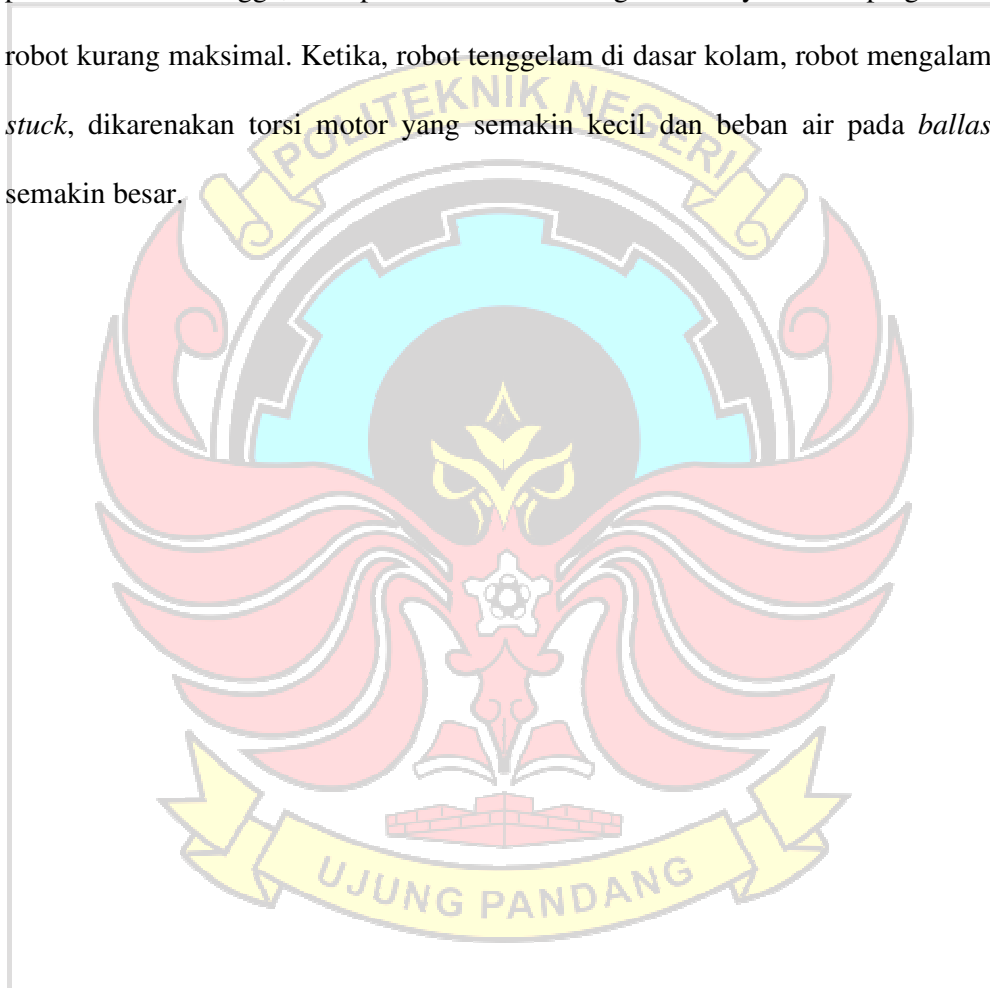


Gambar 4.20 Proses Pengujian Robot

4.2.2 Pengoptimalan mekanisme penggerak robot bawah air.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap pengoptimalan mekanisme penggerak pada robot bawah air diperoleh hasil bahwa robot telah dapat tenggelam, mengapung, bergerak ke arah kiri dan kanan menggunakan pengontrolan dari *joystick* dengan tinggi air pada kolam yaitu 50 cm.

Akan tetapi, pergerakan robot kurang maksimal apabila pipa *ballast* telah terisi air yang menyebabkan dorongan motor saat terapung berbeda dengan saat melayang. Pergerakan robot ketika mengapung sangat baik namun ketika robot mulai melayang, pergerakan motor mulai melambat akibat penambahan beban air pada *ballast*. Sehingga, torsi pada motor berkurang dan menyebabkan pergerakan robot kurang maksimal. Ketika, robot tenggelam di dasar kolam, robot mengalami *stuck*, dikarenakan torsi motor yang semakin kecil dan beban air pada *ballast* semakin besar.



BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan serta pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot bawah air dapat tenggelam dan mengapung menggunakan sistem *ballast* pada kedalaman air 50 cm. Akan tetapi posisi robot pada saat melayang tidak dapat seimbang karena pengimplementasian sistem *ballast* yang tidak optimal. Hal ini disebabkan oleh desain partisi penahan air *ballast* di dalam tangki kurang mampu untuk menahan air di dalam tangki.
- 2) Hasil pengujian pergerakan robot bawah air sudah sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini dikarenakan ketika terdapat penambahan air pada *ballast* yang mengakibatkan torsi pada motor berkurang sehingga pergerakan robot bawah air ketika melayang terlihat miring. Fungsi motor pada bagian ini adalah membuat robot dari posisi miring kembali vertikal atau stabil.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa hal yang dapat dijadikan sebagai saran untuk pengembangan lebih lanjut yaitu:

- 1) Memperbaiki model partisi penahan air *ballast* serta mengganti model tangki *ballast*.
- 2) Disarankan mengembangkan sistem pengontrolan pada robot agar tidak lagi kesusahan akibat menggunakan kabel yang panjang karena dikontrol oleh *joystick*.

- 3) Mengganti ESC (*Electronic Speed Control*) yang sebelumnya dengan ESC (*Electronic Speed Control*) yang mendukung untuk melakukan putaran berbalik.
- 4) Menambahkan kamera serta lampu agar robot dapat melakukan pemantauan atau melihat situasi bawah air dan penerangan apabila air keruh maupun gelap.



DAFTAR PUSTAKA

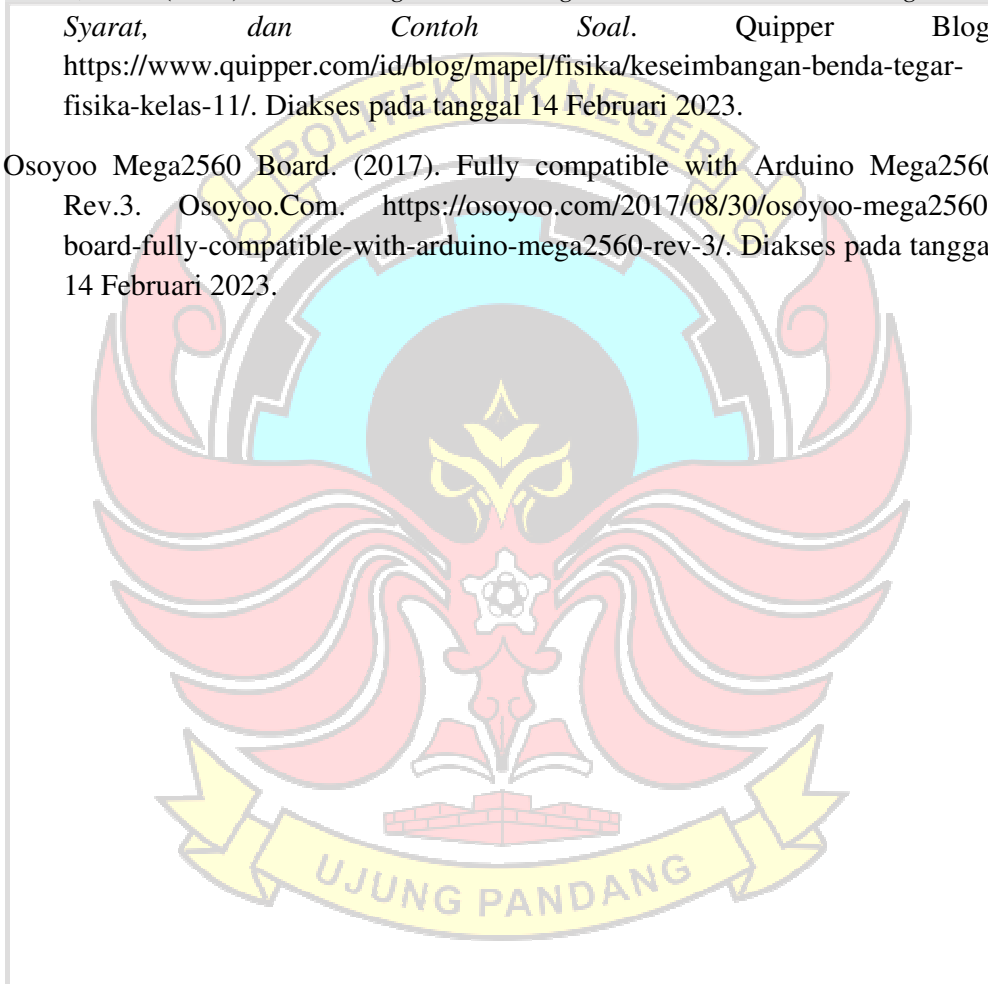
- Abadi, R. (2023). *Motor Servo: Pengertian, Fungsi, Jenis dan Cara Kerjanya*. Materi Elektro. [https://thecityfoundry.com/motor-servo/#:~:text=Motor servo adalah jenis motor,sudutnya dapat diatur dengan mudah](https://thecityfoundry.com/motor-servo/#:~:text=Motor%20servo%20adalah%20jenis%20motor,sudutnya%20dapat%20diatur%20dengan%20mudah.). Diakses pada tanggal 20 Februari 2023.
- Amirullah, & Santi, M. (2019). *Rancang Bangun Robot Bawah Air*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2019, 7(1), 189–191. https://scholar.google.com/scholar?as_ylo=2019&q=jurnal+underwater+robot&hl=en&as_sdt=0,5.
- As-Sahra, M. D., & Elias, G. G. (2021). *Analisis Kendali Gerakan Robot Bawah Air Berbasis Mikrokontroler*. Prosiding 5th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2021, ii, 139-142. https://scholar.google.com/scholar?as_ylo=2019&q=jurnal+underwater+robot&hl=en&as_sdt=0,5.
- Berita Update. (2020). *Tekanan Hidrostatik yang Penting untuk Kamu Tahu*. Kumbaran Sains. <https://kumbaran.com/berita-update/tekanan-hidrostatik-yang-penting-untuk-kamu-tahu-1ukLMd6msUq/full>. Diakses pada 14 Februari 2023.
- Dewa, R. M., & Dewa, A. N. (2020). *Pengembangan Robot Bawah Air Berbasis Arduino Mega 2560*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Elektro. (2021). *Mengenal Arduino Dengan Baik*. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area. <https://elektro.uma.ac.id/2021/02/25/mengenal-arduino-dengan-baik/>. Diakses pada tanggal 14 Februari 2023.
- Hawari, K., Finawan, A., & Kamal, M. (2016). *Rancang Bangun Robot sebagai Alat Bantu Penjelajah Bawah Air*. Jurnal Litek: Jurnal Listrik ..., 2009, 91–96. <http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/litek/article/view/1071%0Ahttp://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/litek/article/download/1071/911>
- Husaini, A. N. (2015). *Prinsip Kerja Motor Brushless DC (BLDC Motor)*. 2017. <https://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-motor-brushless-dc-blcdc-motor/3/>. Diakses pada 14 Februari 2023.
- Inameq. (2019). *Teknologi pengolahan air balast di kapal*. Inameq.Com. <https://inameq.com/hull-and-outfitting/tank-equipment/teknologi->

pengolahan-balast/. Diakses pada tanggal 20 Februari 2023.

Junan, Y., Poekul, V. C., & Putro, M. D. (2018). Rancang Bangun Robot. *Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(1), 1–8. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/elekdankom/search/authors/view?givenName=Yogie&familyName=Junan&affiliation=&country=&authorName=Junan%2C Yogie>

Mukti, C. S. (2019). *Keseimbangan Benda Tegar – Fisika Kelas 11 – Pengertian, Syarat, dan Contoh Soal*. Quipper Blog. <https://www.quipper.com/id/blog/mapel/fisika/keseimbangan-benda-tegar-fisika-kelas-11/>. Diakses pada tanggal 14 Februari 2023.

Osoyoo Mega2560 Board. (2017). Fully compatible with Arduino Mega2560 Rev.3. Osoyoo.Com. <https://osoyoo.com/2017/08/30/osoyoo-mega2560-board-fully-compatible-with-arduino-mega2560-rev-3/>. Diakses pada tanggal 14 Februari 2023.





Lampiran 1 Draft Artikel Ilmiah

Pengembangan Mekanisme Gerakan Robot Bawah Air Berbasis Ballast

Aan Darmawan¹, Paskalis Dito², Akhmad Taufik³, Paisal⁴, dan Firman Hamzah⁵

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

^{3,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Makassar 90245, Indonesia

*aan4darmawan@gmail.com, *paskalisdito510@gmail.com

Abstract: Indonesia is an archipelago whose territory is mostly made up of waters. Most of Indonesia's waters have not been explored. Underwater activities are still carried out conventionally. The development of underwater technology has not received more attention. Underwater Robots are expected to help human activities. This research aims to develop an Underwater Robot with the implementation of the Ballast system. The underwater robot uses ACP for the mechanical system. Brushless motor as actuator and ballast part as ballast room. Joystick and cable as Underwater Robot communication system. The research results of the Underwater Robot show that it has been waterproofed. The underwater robot can sink, float, move left and right with a pool depth of 50 cm within 10 minutes.

Keywords: Underwater Robot; Ballast System

Abstrak: Indonesia adalah negara kepulauan yang wilayahnya sebagian besar terdiri dari perairan. Sebagian besar wilayah perairan Indonesia belum terekplorasi. Kegiatan bawah air masih dilakukan secara konvensional. Perkembangan teknologi bawah air belum mendapat perhatian lebih. Robot Bawah Air diharapkan dapat membantu kegiatan manusia. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Robot Bawah Air dengan implementasi sistem *Ballast*. Robot bawah air menggunakan ACP untuk sistem mekanik. Motor *Brushless* sebagai aktuator dan bagian *ballast* sebagai ruang pemberat. *Joystick* dan kabel sebagai sistem komunikasi Robot Bawah Air. Hasil penelitian Robot Bawah Air menunjukkan telah kedap air. Robot bawah air dapat tenggelam, mengapung, bergerak ke arah kiri dan kanan dengan kedalaman kolam 50 cm dalam waktu 10 menit.

Kata kunci : Robot Bawah Air; Sistem *Ballast*

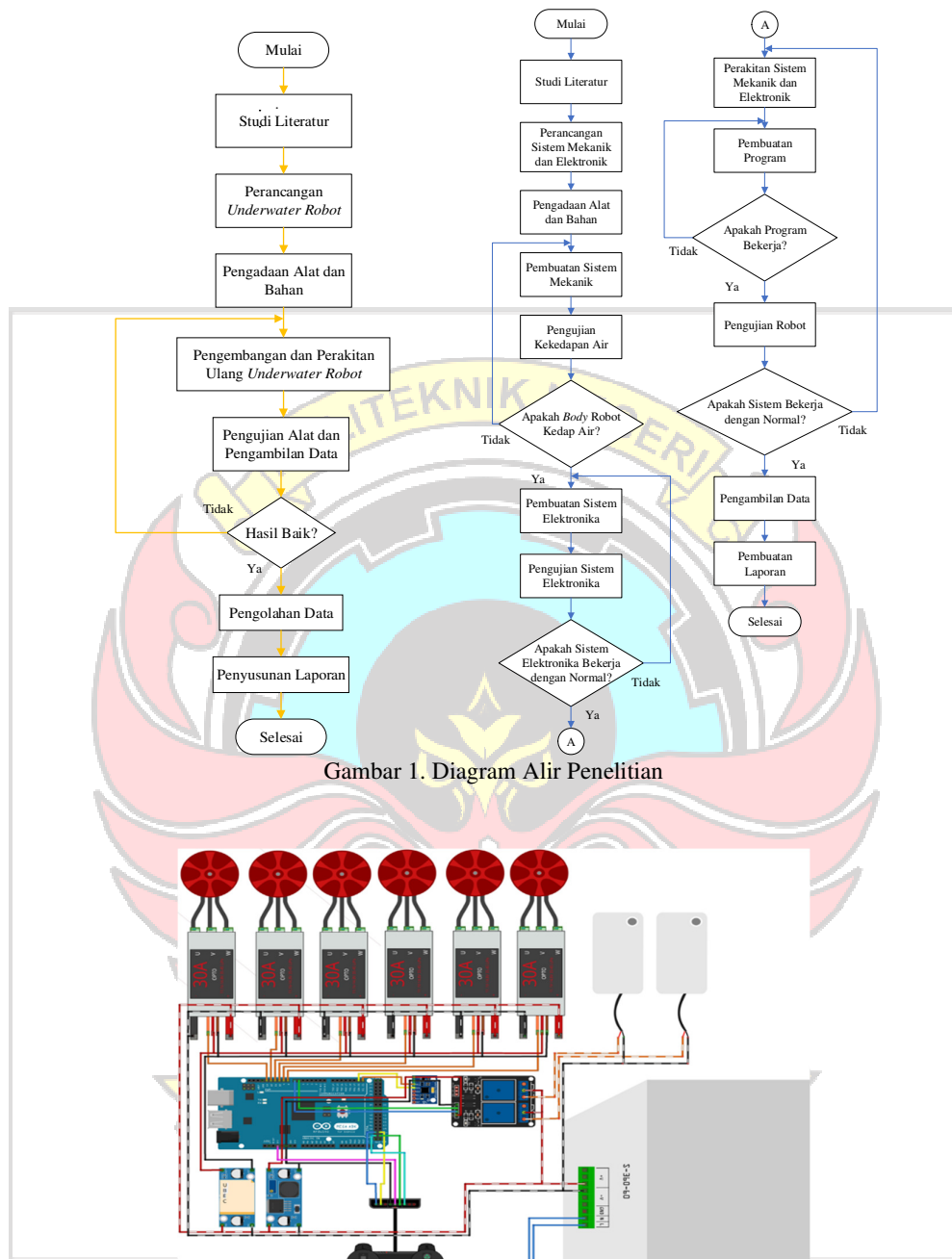
I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini sangatlah pesat terutama dibidang teknologi. Teknologi baru yang bermunculan seperti robot yang diciptakan oleh para ilmuwan. Pengamatan di bawah air masih dilakukan dengan cara konvensional seperti pengamatan bawah air, deteksi objek, dan masih banyak lagi. Berbagai risiko dari eksplorasi dan pengamatan bawah air yang dilakukan secara konvensional. Pada penelitian ini dirancang pengembangan Robot Bawah Air yang telah dilakukan sebelumnya dengan menambahkan sistem *Ballast*. Tujuan penelitian dilakukan untuk menghindari risiko kegiatan pengamatan di bawah air dengan cara konvensional.

II. METODE PENELITIAN

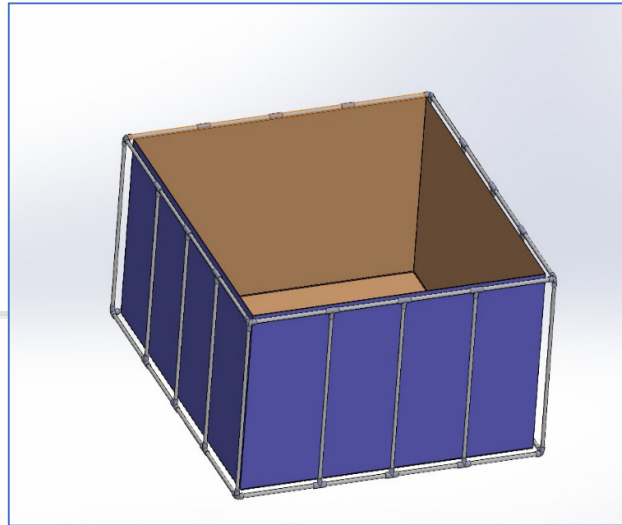
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi berbagai tahapan. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-September 2023 di Gedung Pascasarjana, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Kota Makassar.

Untuk memperoleh suatu alat yang baik, diperlukan suatu Langkah-langkah mengenai perancangan sehingga hasil yang diperoleh dapat maksimal. Berikut adalah diagram alir dari tahap penelitian ini :

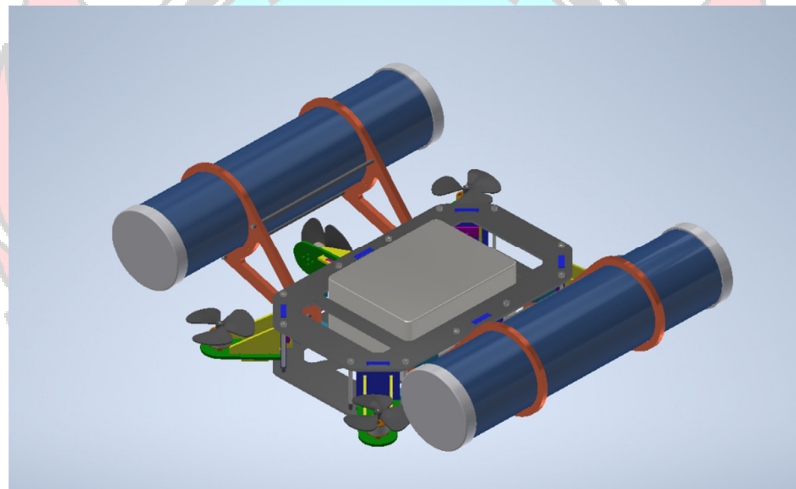


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 2. Hasil rancangan elektronika Robot Bawah Air



Gambar 3. Desain Kolam Pengujian



Gambar 4. Desain Robot Bawah Air

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ketahanan kekedapan robot dilakukan dengan menenggelamkan robot di kolam dengan kedalaman 50 cm selama 5 menit. Hasil pengujian didapatkan sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekedapan Robot

Percobaan	Waktu (s)	Kondisi
1	60	Kedap
2	120	Kedap
3	180	Kedap
4	240	Kedap
5	300	Kedap

Adapun perhitungan dari Robot Bawah Air yaitu :

- Massa robot (kg)
Setelah dilakukan pengukuran maka diketahui massa robot adalah sebesar 5,7 kg
- Volume robot (m³)
Setelah dilakukan perhitungan volume bagian-bagian robot, maka diperoleh volume total underwater robot adalah sebesar 13.022,960 x 10⁻³m³
- Massa jenis underwater robot (kg/m³)

$$\rho_b = \frac{m}{V} = \frac{5,7}{13.022,960 \times 10^{-3}} = 436,97 \text{ kg/m}^3$$

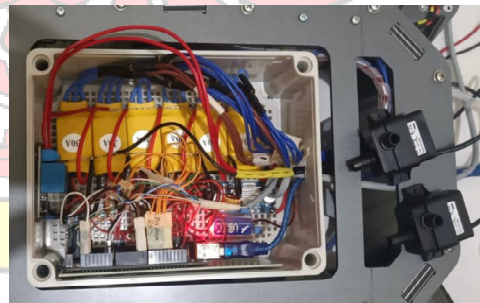
Massa jenis tambahan *underwater robot* ;

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{m}{V} + \rho_{tambahan} \\ 1000 \text{ kg/m}^3 &= \frac{5.7 \text{ kg}}{13.022,960 \times 10^{-3} \text{ m}^3} + \rho_{tambahan} \\ \rho_{tambahan} &= 1000 \text{ kg/m}^3 - \frac{5.7 \text{ kg}}{13.022,960 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \\ \rho_{tambahan} &= 1000 \text{ kg/m}^3 - 436,97 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_{tambahan} &= 563,03 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Hasil perancangan dari robot bawah air mulai dari perancangan mekanik, elektronika, dan informatika, didapatkan hasil proses pekerjaan sebagai berikut :



Gambar 5. Robot Bawah Air Berbasis Ballast



Gambar 6. Hasil rancangan elektronika Robot Bawah Air

Eksperimen pada *underwater robot* dilakukan dengan dua tahapan pengujian, (i) Pengujian sistem mekanik yakni ; kekedapan *Box Elektronik*, pengujian *ballast*, perhitungan gaya apung & massa jenis robot, (ii) Pengujian Rangkaian Elektronik meliputi ; pengujian motor *brushless DC*, pengujian penghisapan pompa air, dan pengujian *joystick*.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem *ballast* dapat membantu robot untuk tenggelam serta mengapung pada kolam dengan kedalaman 50 cm. Waktu yang diperlukan robot untuk tenggelam dari permukaan kolam sampai ke dasar kolam adalah sekitar kurang lebih 10 menit begitupun dengan sebaliknya. Robot Bawah Air telah dapat tenggelam, mengapung, bergerak kearah kiri dan kanan dengan pengontrolan menggunakan *joystick*.

Adapun hasil dari eksperimen yang dilakukan pada penelitian Robot Bawah Air dapat dilihat pada gambar 7 (a), (b), (c) :



Gambar 7. Posisi Robot Bawah Air, (a) Mengapung, (b) Melayang, (c) Tenggelam

IV. KESIMPULAN

Dari pembahasan penelitian mengenai Pengembangan Mekanisme Gerakan Robot Bawah Air Berbasis *Ballast*, dapat disimpulkan bahwa.

1. Robot bawah air dapat tenggelam dan mengapung meskipun belum maksimal dengan sistem *ballast* pada kedalaman air 50 cm.
2. Pergerakan robot bawah air belum sesuai dengan yang diinginkan dikarenakan robot tidak dapat melayang di dalam air dengan mulus akibat penggunaan sistem *ballast* yang kurang sesuai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Bapak Firman Hamzah, S.T., M.T. selaku Dosen karena telah membantu dan memotivasi penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.

Terimakasih kepada Bapak Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Paisal, S.T., M.T. selaku Pembimbing II, Sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan penelitian dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewa, R. M., & Dewa, A. N. (2020). *Motor Servo: Pengembangan Robot Bawah Air Berbasis Arduino Mega 2560*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [2] As-Sahra, M. D., & Elias, G. G. (2021). *Analisis Kendali Gerakan Robot Bawah Air Berbasis Mikrokontroler*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.



Lampiran 2 Lembar Asistensi



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

KARTU ASISTENSI

Judul Tugas Akhir : "PENGEMBANGAN MEKANISME PERGERAKAN
ROBOT BAWAH AIR BERBASIS *BALLAST*"

Nama : 1. Aan Darmawan 444 19 001
2. Paskalis Dito 444 19 018

Kelas : 4A Teknik Mekatronika

Dosen Pembimbing I : Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., MT.

Dosen Pembimbing II : Paisal, S.T., M.T.

No	Tanggal	Kegiatan	Uraian/Revisi	Paraf Pembimbing
1	31/05 2023	AGG I	<ul style="list-style-type: none"> • melengkapi dimensi gambar • menyelesaikan asistensi gambar • melengkapi timeline pada slide • Selesaikan RAB dan desain dalam EKSPERIMEN 	<i>Ahd</i>
2	8/5 2023	AGG II	<ul style="list-style-type: none"> • melengkapi Gambar • Buat RAB • Berada Alat 	<i>Ahd</i>
3	16/5 2023	AGG III	<ul style="list-style-type: none"> • Perbaiki RAB 	<i>Ahd</i>
4	26/5 2023	AGG IV	<ul style="list-style-type: none"> • Merakit kolom pengujian • melengkapi alat dan bahan 	<i>Ahd</i>



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

5	10/6 2023	Agg V	<ul style="list-style-type: none">Melakukan assembly mekanikMerakit Rangkaian Elektronik	Ahd
6	24/6 2023	Agg VI	<ul style="list-style-type: none">Melanjutkan assembly mekaniklanjut Rangkaian elektronikPembuatan partisi dan holder ballois	Ahd
7	7/7 2023	Agg VII	<ul style="list-style-type: none">Buat PropellerPasang kelan pengujianBuat wiring Diagram pada boxPerkabelan / Rangkaian	Ahd
8	7/8 2023	Agg VIII	<ul style="list-style-type: none">Pengantian PropellerUji coba ballois kedalaman 6cmlanjut bab IV, V	Ahd
9	16/8 2023	Agg IX	<ul style="list-style-type: none">Selesaikan bab IV, VPerbaiki bab IVbenakan pengelasan sesuai gambarGambar yang profesional	Ahd
10	18/8/23	Agg X	- Lengkapi 100% revisi	Ahd
11	22/8/23	Agg XI	- uji coba $\rho = 1050 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \text{video}$	Ahd
12	1/9/23	Agg XII	- Lengkapi 100% + revisi	Ahd
			Acc by ujian	Ahd

Disahkan, 1/9/ 2023

Dosen Pembimbing I

Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.
NIP. 19760413 200812 1 003



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

KARTU ASISTENSI

Judul Tugas Akhir : "PENGEMBANGAN MEKANISME PERGERAKAN
ROBOT BAWAH AIR BERBASIS *BALLAST*"

Nama : 1. Aan Darmawan 444 19 001
2. Paskalis Dito 444 19 018

Kelas : 4A Teknik Mekatronika

Dosen Pembimbing I : Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., MT.

Dosen Pembimbing II : Paisal, S.T., M.T.

No	Tanggal	Kegiatan	Uraian/Revisi	Paraf Pembimbing
1	23/3/23	Agg I	- Menyelesaikan gambar desain - Membuat diagram blok	PS.
2	8/5/23	Agg II	- Lengkapi gambar - Buat RAB - Belanja alat	PS.
3	10/5/23	Agg III	Perbaiki RAB	PS.
4	26/5/23	Agg IV	- Merakit kalam pengujian - Melengkapi alat dan bahan	PS.



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

5	10/6 2023	Ass V	<ul style="list-style-type: none">• Melakukan assembly mekanik• Merakit Rangkaian Elektronik	PS.
6	24/6 2023	Ass VI	<ul style="list-style-type: none">• Melanjutkan Assembly mekanik• Melanjutkan Rangkaian Elektronik• Pembuatan Partisi dan holder ballast	PS.
7	7/7 2023	Ass VII	<ul style="list-style-type: none">• Buat Propeller• Pasang dalam pengujian• Buat wiring diagram buat box• Perakelahan / Rangkaian	PS.
8	7/8 2023	Ass VIII	<ul style="list-style-type: none">• Penggantian propeller• Uji Coba ballast ketebalan 60 cm• Pengujian bola IV, V	PS.
9	10/8 2023	Ass IX	<ul style="list-style-type: none">• Selsaikan bab IV dan V• Lengkapi penjelasan slide gambar• Gambar yang profesional• Video yang bagus	PS.
10	1/9 2023	Ass X	<ul style="list-style-type: none">• Pejainci dgn baik <p>Dec.</p>	PS.

Disahkan, 11/9 2023

Dosen Pembimbing II

Paisal, S.T., M.T.
NIP.19810604 200604 1 003

Lampiran 3 Program Robot

```
#include <Servo.h>

#include <PS2X_lib.h>
```

```
PS2X ps2x;
```

```
byte Type = 0;
byte vibrate = 0;
int RX=0,RY=0,LX=0,LY=0;
```

```
#define deki 11
```

```
#define deka 8
```

```
#define beki 12
```

```
#define beka 10
```

```
#define maki 13
```

```
#define maka 9
```

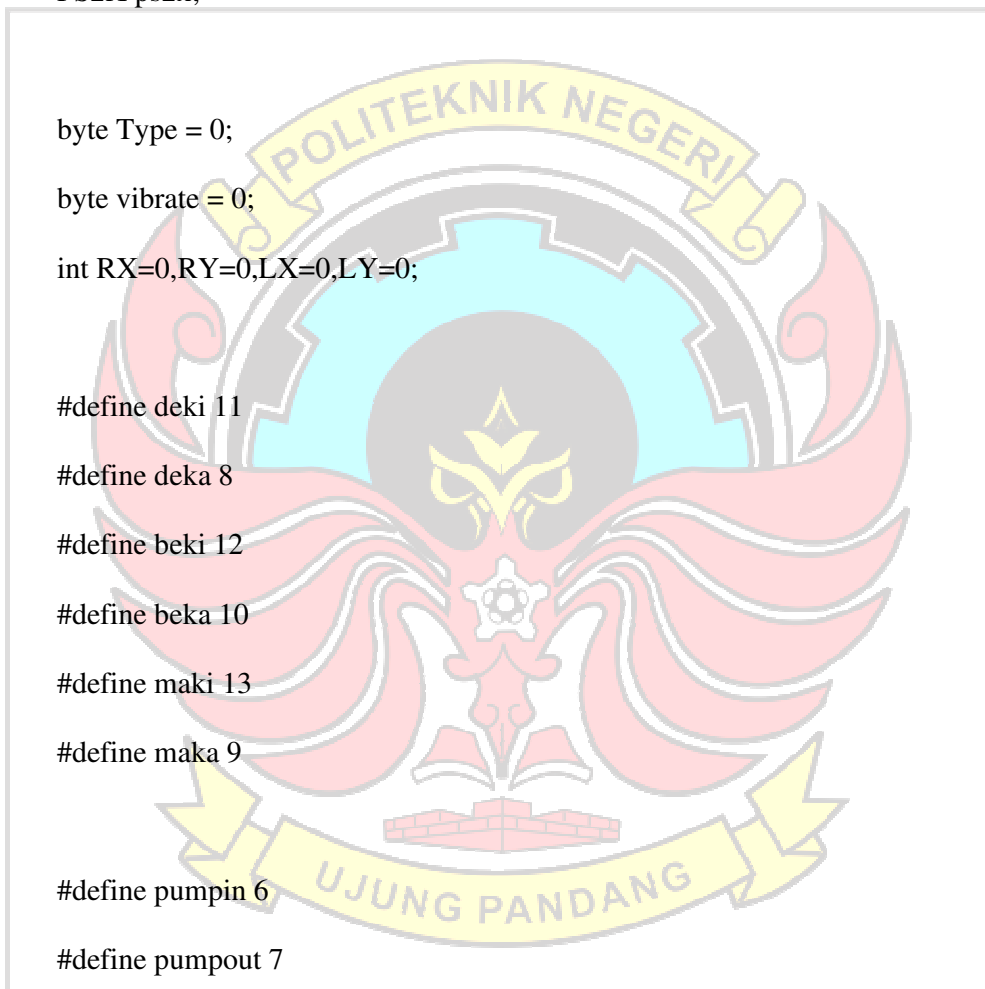
```
#define pumpin 6
```

```
#define pumpout 7
```

```
#define nilmin 1000
```

```
#define nilup 1045
```

```
#define nilmax 1700
```



```
int pump1=0, pump2=0, vmotor;
```

```
int val, val2;
```

```
int start1, start2=0;
```

```
Servo motor;
```

```
Servo motor2;
```

```
Servo motor3;
```

```
Servo motor4;
```

```
Servo motor5;
```

```
Servo motor6;
```

```
void stik(){
```

```
    ps2x.read_gamepad(false, vibrate);
```

```
    LY = ps2x.Analog(PSS_LY);  LX = ps2x.Analog(PSS_LX);
```

```
    RY = ps2x.Analog(PSS_RY);  RX = ps2x.Analog(PSS_RX);
```

```
    if(ps2x.NewButtonState()) {
```

```
        if(ps2x.Button(PSB_START)) Serial.println("START PRESSED ");
```

```
        if(ps2x.Button(PSB_SELECT)) Serial.println("SELECT PRESSED ");
```

```
        if(ps2x.Button(PSB_PAD_UP)) Serial.println("UP PRESSED ");
```

```
        if(ps2x.Button(PSB_PAD_RIGHT)) Serial.println("RIGHT PRESSED
```

```
");
```

```
        if(ps2x.Button(PSB_PAD_LEFT)) Serial.println("LEFT PRESSED ");
```

```
if(ps2x.Button(PSB_PAD_DOWN)) Serial.println("DOWN PRESSED");
```

```
if(ps2x.Button(PSB_L1)) Serial.println("L1 pressed ");
```

```
if(ps2x.Button(PSB_R1)) Serial.println("R1 pressed ");
```

```
if(ps2x.Button(PSB_L2)) Serial.println("L2 pressed ");
```

```
if(ps2x.Button(PSB_R2)) Serial.println("R2 pressed ");
```

```
if(ps2x.Button(PSB_L3)) Serial.println("L3 pressed ");
```

```
if(ps2x.Button(PSB_R3)) Serial.println("R3 pressed ");
```

```
if(ps2x.Button(PSB_GREEN)) Serial.println("Triangle pressed");
```

```
if(ps2x.Button(PSB_BLUE)) Serial.println("X pressed ");
```

```
if(ps2x.Button(PSB_RED)) Serial.println("Circle pressed ");
```

```
if(ps2x.Button(PSB_PINK)) Serial.println("Square pressed ");
```

```
}
```

```
Serial.print(LY,DEC); Serial.print(",");
```

```
Serial.print(LX,DEC); Serial.print(",");
```

```
Serial.print(RY,DEC); Serial.print(",");
```

```
Serial.print(RX,DEC); Serial.println("");
```

```
}
```

```
void pompa1(int kt){
```

```
if(kt==0){digitalWrite(pumpin, 1);}
```

```
if(kt==1){digitalWrite(pumpin, 0);}
```

```
}
```



```
void pompa2(int kt){  
    if(kt==0){digitalWrite(pumpout, 1);}  
    if(kt==1){digitalWrite(pumpout, 0);}  
}
```

```
void motorAtas(int kt1, int kt2, int kt3, int kt4){  
    motor.writeMicroseconds(kt1); motor2.writeMicroseconds(kt2);  
    motor3.writeMicroseconds(kt3); motor4.writeMicroseconds(kt4);  
}
```

```
void motorMaju(int kt1, int kt2){  
    motor5.writeMicroseconds(kt1); motor6.writeMicroseconds(kt2);  
}
```

```
////////////////////////////////////
```

```
////////////////////////////////////
```

```
void setup() {  
    Serial.begin(57600);
```

```
    ps2x.config_gamepad(52,51,53,50, true, true);
```

```
    Type = ps2x.readType();
```

```
    motor.attach(deki);
```

```
motor2.attach(deka);
```

```
motor3.attach(beki);
```

```
motor4.attach(beka);
```

```
motor5.attach(maki);
```

```
motor6.attach(maka);
```

```
motor.writeMicroseconds(1000);
```

```
motor2.writeMicroseconds(1000);
```

```
motor3.writeMicroseconds(1000);
```

```
motor4.writeMicroseconds(1000);
```

```
motor5.writeMicroseconds(1000);
```

```
motor6.writeMicroseconds(1000);
```

```
pinMode(pumpin, OUTPUT);
```

```
pinMode(pumpout, OUTPUT);
```

```
digitalWrite(pumpin, HIGH);
```

```
digitalWrite(pumpout, HIGH);
```

```
// put your setup code here, to run once:
```

```
}
```

```
void loop() {  
    stik();  
  
    if(LY==0 && LX==0 && RY==0 && RX==0){
```

```
    }
```

```
    else{
```

```
        if(ps2x.ButtonPressed(PSB_CROSS)){
```

```
            vmotor=nilup;
```

```
            motorAtas(nilup,nilup,nilup,nilup);
```

```
            val=nilup;start1=1;
```

```
        }
```

```
        if(ps2x.ButtonPressed(PSB_CIRCLE)){
```

```
            vmotor=nilmin;
```

```
            motorAtas(nilmin, nilmin, nilmin, nilmin);
```

```
            val=nilmin;start1=0;
```

```
        }
```

```
        if(ps2x.ButtonPressed(PSB_TRIANGLE)){
```

```
            start2=1;
```

```
        }
```

```

if(ps2x.ButtonPressed(PSB_SQUARE)){
start2=0;
}

```

```

if(ps2x.ButtonPressed(PSB_R2))while(1){
if(pump1==0){pump1=1;pompa1(1);break;}
if(pump1==1){pump1=0;pompa1(0);break;}
}

```

```

if(ps2x.ButtonPressed(PSB_L2))while(1){
if(pump2==0){pump2=1;pompa2(1);break;}
if(pump2==1){pump2=0;pompa2(0);break;}
}

```

```

if(RY<128){//up speed
if(start1==1){
val= val+1;
motorAtas(val, val, val, val);

```

```

if(val>1300){val=1300;}
}
}

```

```
if(RY>128){//down speed
  if(start1==1){
    val= val-1;
    motorAtas(val, val, val, val);
  }
  if(val<nilup){val=nilup;}
```

```
}
}
if(RX>129){//CW
  if(start1==1){
    motorAtas(val, val+50, val+50, val);
  }
}
if(RX<127){//CCW
  if(start1==1){
    motorAtas(val+50, val, val, val+50);
  }
}
```

```
if(LX>129){//turn right
  if(start1==1){
    motorAtas(val, val, val, val);
```

```
}  
motorMaju(nilup, nilmin);  
}
```

```
if(LX<127){//turn left
```

```
    if(start1==1){  
        motorAtas(val, val, val, val);  
    }  
    motorMaju(nilmin, nilup);  
}
```

```
if(LY>129){//back
```

```
    if(start1==1){  
        motorAtas(val+50, val+50, val, val);  
        motorMaju(nilmin, nilmin);  
    }  
}
```

```
if(LY<127){//go
```

```
    if(start1==1){  
        motorAtas(val, val, val, val);  
    }  
    if(start2==1){
```



```

motorMaju(nilup+50, nilup+50);

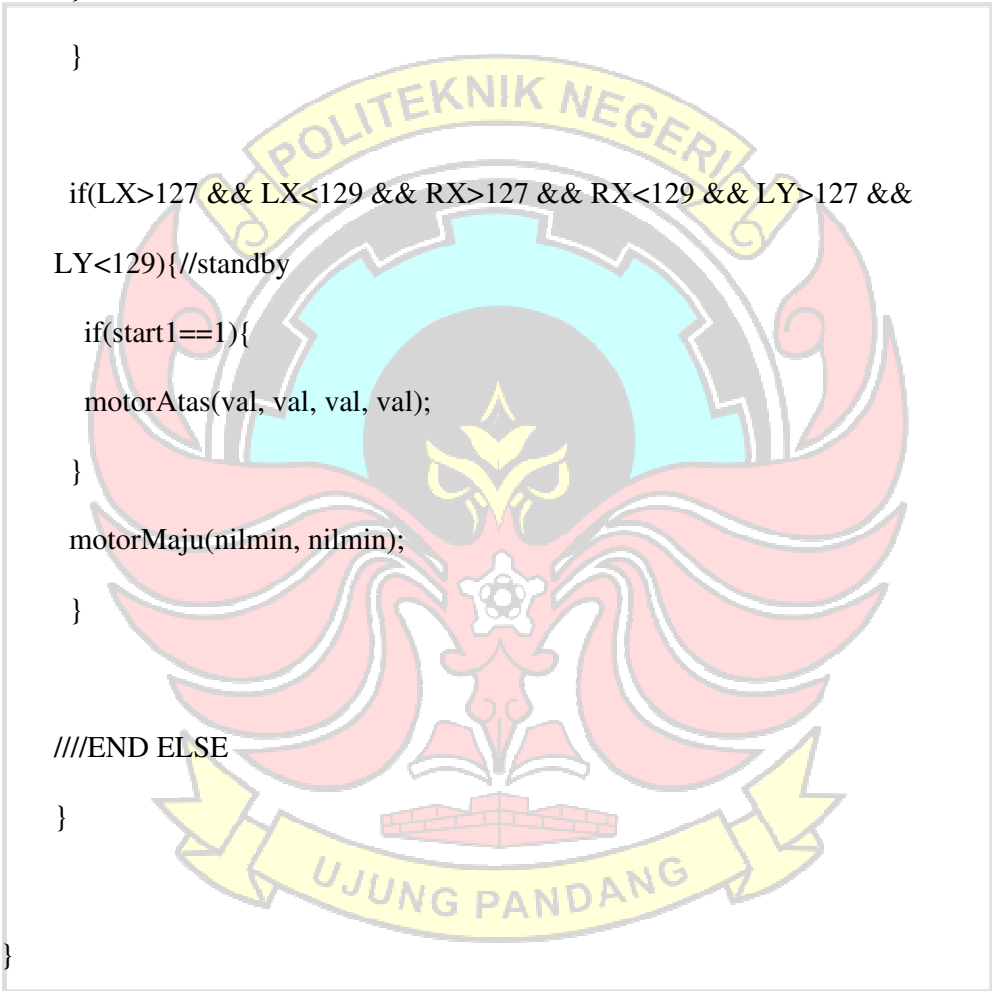
}

if(start2==0){
motorMaju(nilup, nilup);
}
}

if(LX>127 && LX<129 && RX>127 && RX<129 && LY>127 &&
LY<129){//standby
if(start1==1){
motorAtas(val, val, val, val);
}
motorMaju(nilmin, nilmin);
}

///END ELSE
}
}
}

```



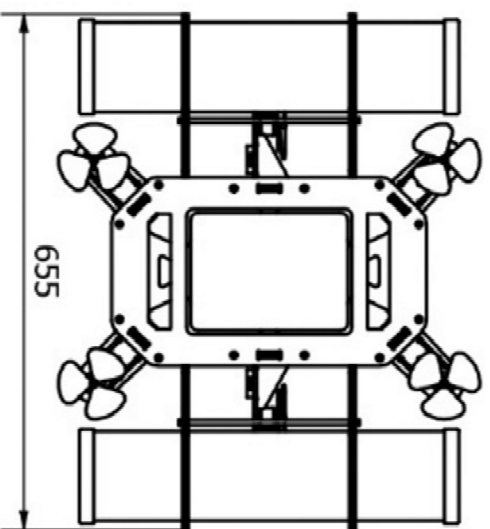
Lampiran 4 Biodata Penulis



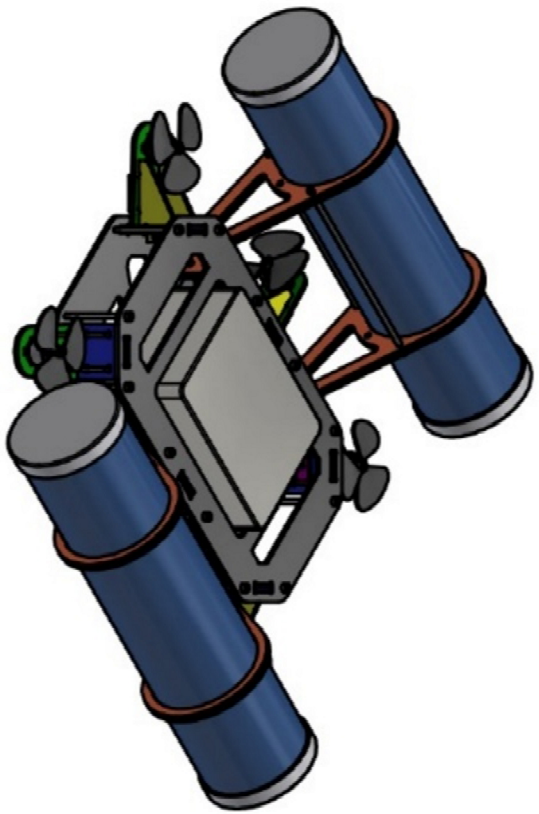
Aan Darmawan lahir di Kota Palopo, Sulawesi Selatan pada 4 Oktober 2001. Putra pertama dari ayah Alm. Abdul Malik dan ibu Hadiara. Pada tahun 2013 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Lamokato. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan Pendidikan di SMP Negeri 2 Kolaka lalu tamat pada tahun 2016. Kemudian melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 2 Kendari Jurusan Kendaraan Ringan dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama penulis diterima di Perguruan Tinggi Vokasi Politeknik Negeri Ujung Pandang melalui jalur UMPN pada Jurusan Teknik Mesin Program Studi S1 Terapan Teknik Mekatronika. Penulis pernah melaksanakan Magang Studi Independen Bersertifikat (MSIB) di PT. Dharma Polimetal Tbk, Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi.



Paskalis Dito lahir di Kota Batam, Kepulauan Riau pada 17 Mei 2001. Putra pertama dari ayah Matius Parapa Rumissing dan ibu Paulina Sumarti Pasang. Pada tahun 2013 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 348 Tarramatekkeng. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan Pendidikan di SMP Negeri 2 Belopa lalu tamat pada tahun 2016. Kemudian melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Luwu Jurusan MIPA dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama penulis diterima di Perguruan Tinggi Vokasi Politeknik Negeri Ujung Pandang melalui jalur PMDK-PN pada Jurusan Teknik Mesin Program Studi S1 Terapan Teknik Mekatronika. Penulis pernah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di PT Vale Indonesia Tbk, Soroako, Kabupaten Luwu Timur.

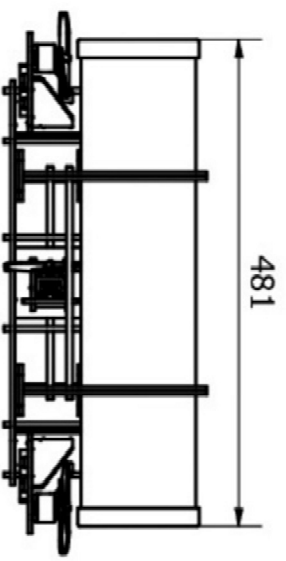
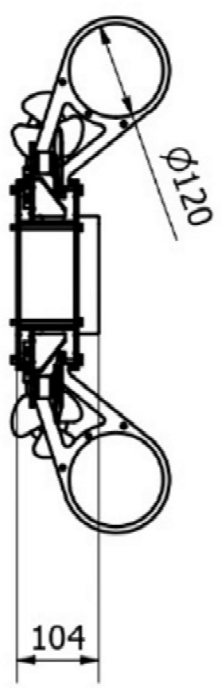


TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN

TAMPAK SAMPIING



Skala : 1:5
 Satuan : mm
 Tanggal: 20/08/2023

Dibuat : Team (44419001/44419018)
 Kelas : 4A Mekatronika
 Diperiksa :

Keterangan

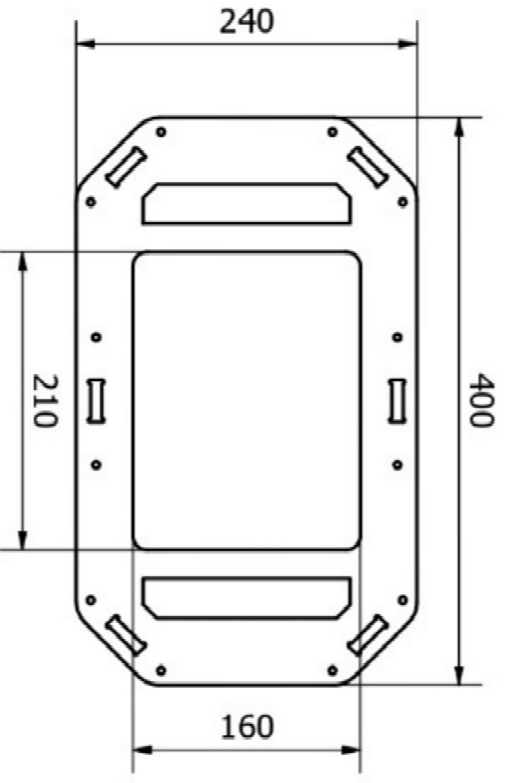
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

UNDERWATER ROBOT

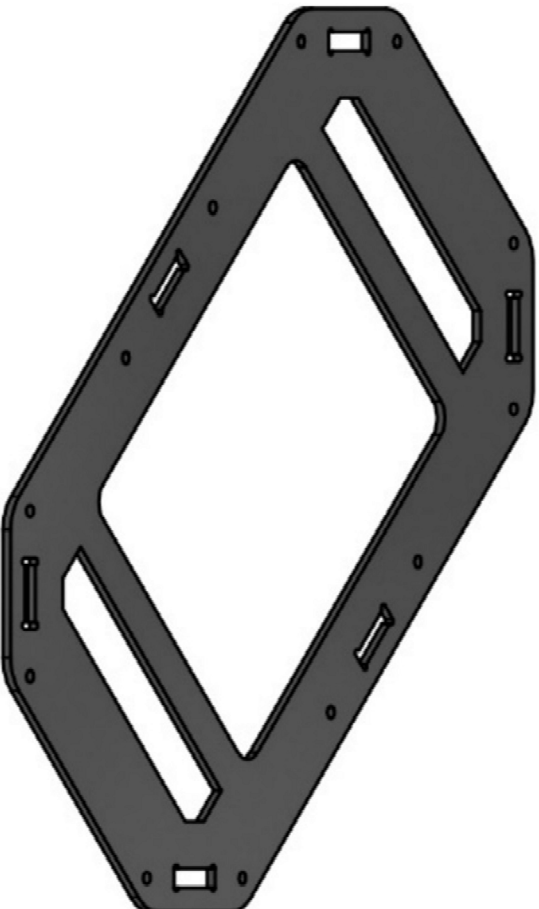
Sheet 1/15

A4

TAMPAK ATAS



TAMPAK SAMPIING



	Skala : 1:5	Dibuat : Team (44419001/44419018)	Keterangan		
	Satuan : mm	Kelas : 4A Mekatronika			
	Tanggal: 20/08/2023	Diperiksa :	Sheet	2/15	A4

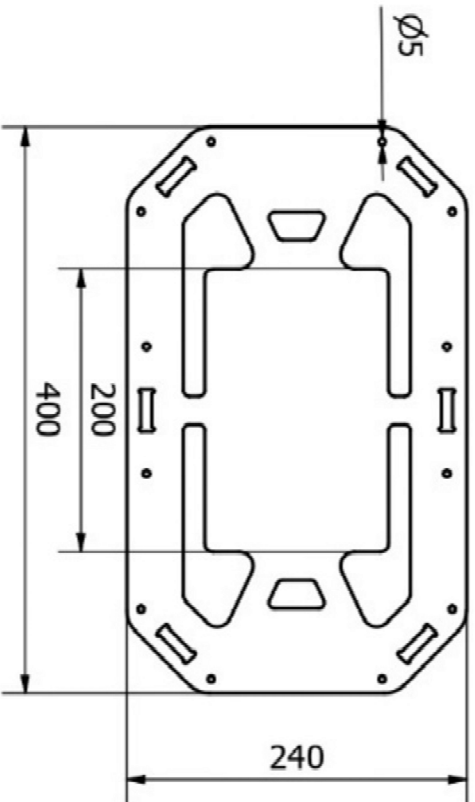
POLITEKNIK NEGERI UTUNG PANDANG

FRAME ATAS

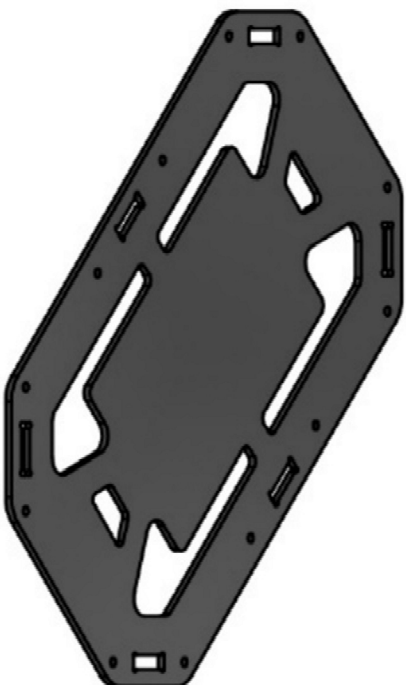
2/15

A4

TAMPAK ATAS



TAMPAK SAMPIING



Skala : 1:5

Satuan : mm

Tanggal: 20/08/2023

Dibuat : Team (44419001/44419018)

Kelas : 4A Mekatronika

Diperiksa :

Keterangan

Sheet

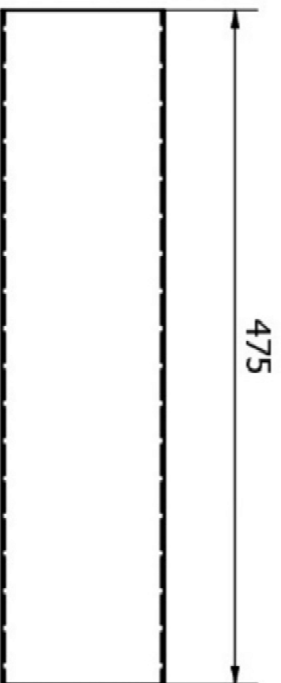
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

FRAME BAWAH

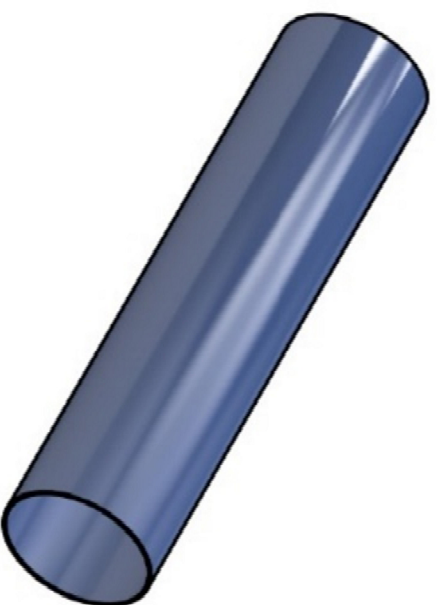
3/15

A4

TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN



Skala : 1:5

Satuan : mm

Tanggal: 20/08/2023

Dibuat : Team (44419001/44419018)

Kelas : 4A Mekatronika

Diperiksa :

Keterangan

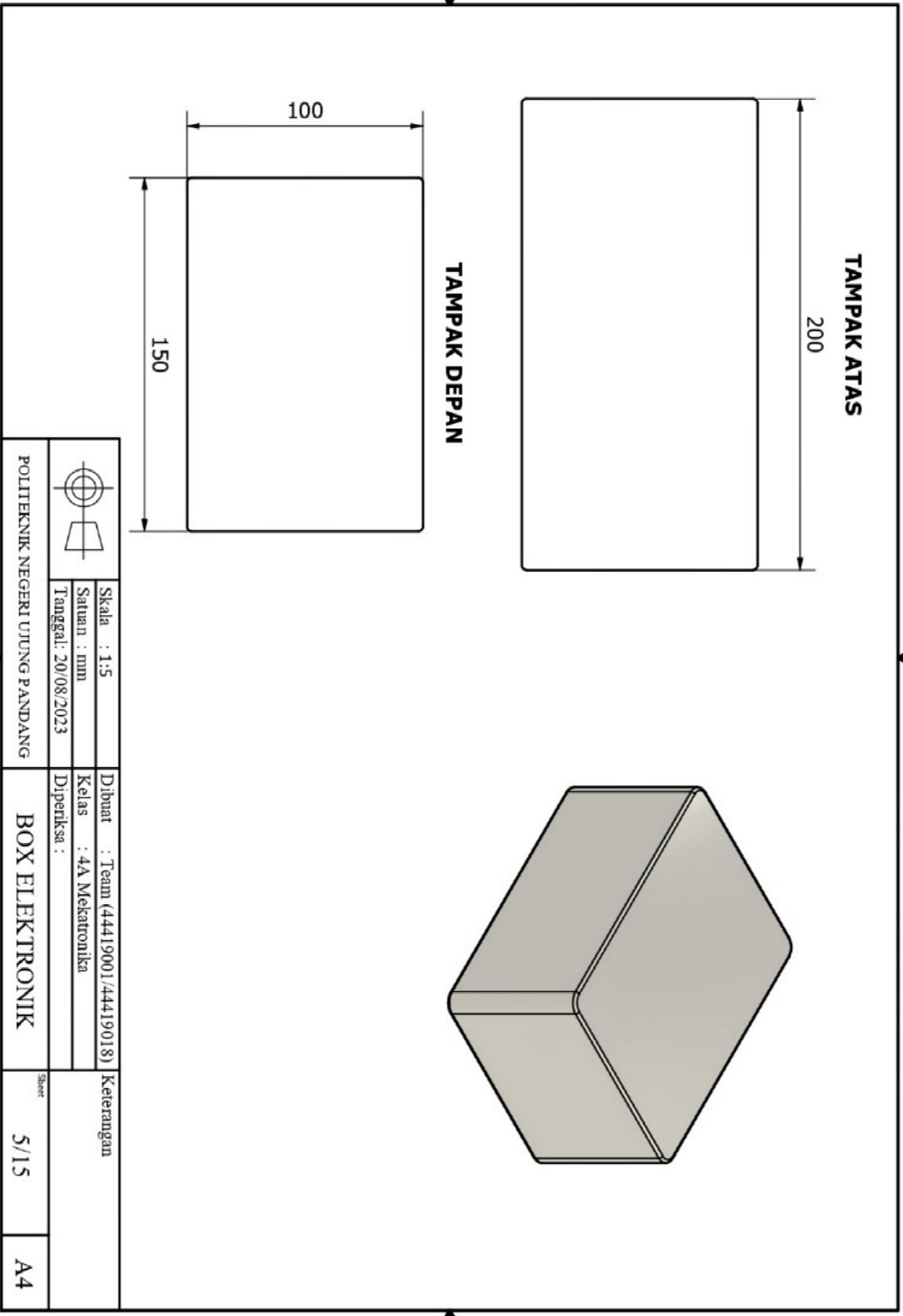
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

PIPA BALLAST

Sheet

4/15

A4



Skala : 1:5
 Satuan : mm
 Tanggal: 20/08/2023

Dibuat : Team (44419001/44419018)
 Kelas : 4A Mekatronika
 Diperiksa :

Keterangan

POLITEKNIK NEGERI UTUNG PANDANG

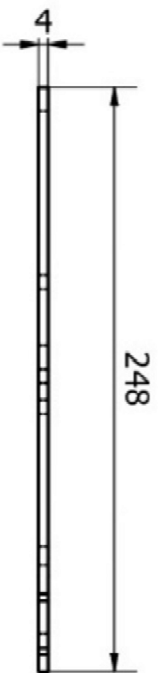
BOX ELEKTRONIK

Sheet

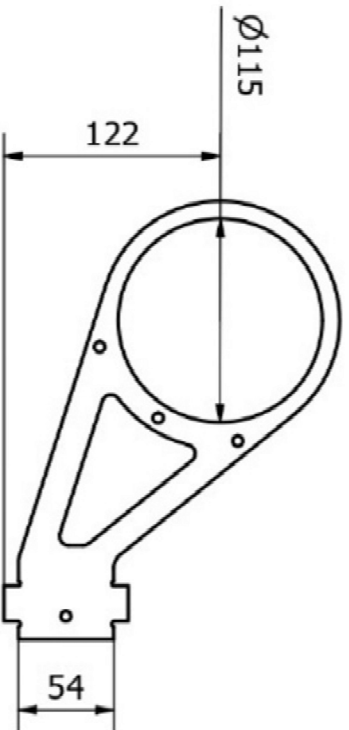
5/15

A4

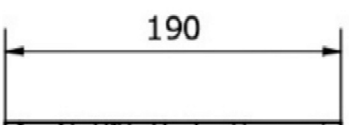
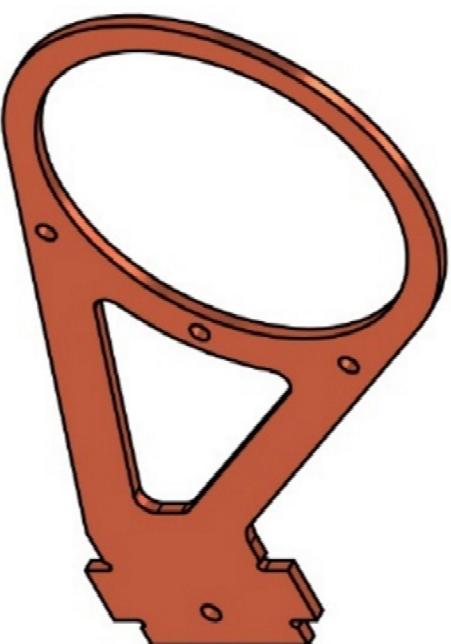
TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN



TAMPAK SAMPING



Skala : 1:5

Satuan : mm

Tanggal: 20/08/2023

Dibuat : Team (44419001/44419018)

Kelas : 4A Mekatronika

Diperiksa :

Keterangan

Sheet

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

HOLDER BALLAST

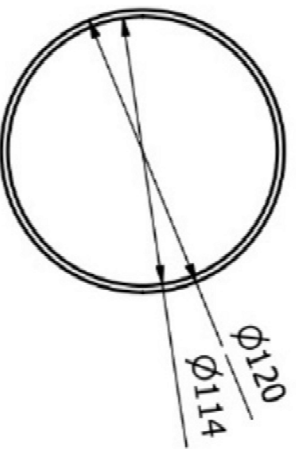
6/15

A4

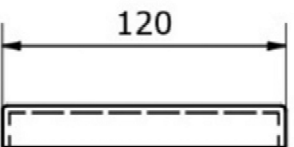
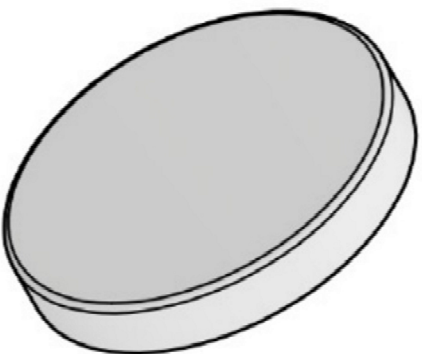
TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN



TAMPAK SAMPIING

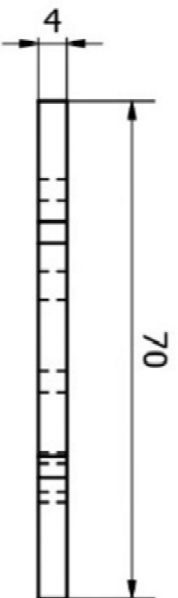


	Skala : 1:5	Dibuat : Team (44419001/44419018)	Keterangan
	Satuan : mm	Kelas : 4A Mekatronika	
	Tanggal: 20/08/2023	Diperiksa :	

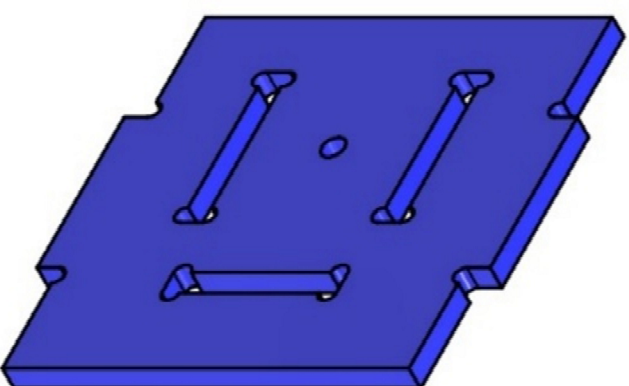
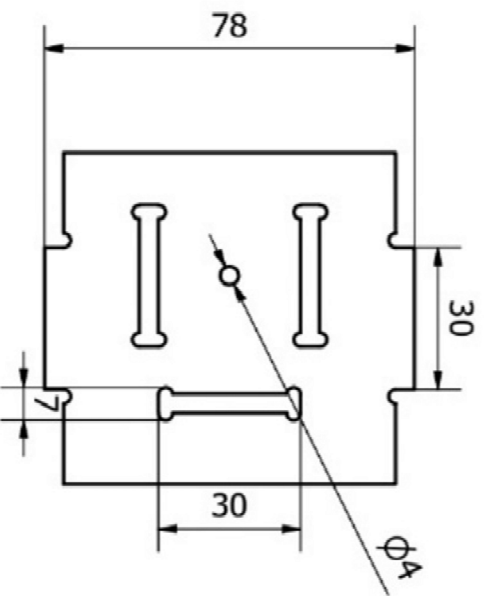
POLITEKNIK NEGERI UTUNG PANDANG		DOP PIPA	Sheet	7/15	A4
---------------------------------	--	----------	-------	------	----



TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN



Skala : 1:5
Satuan : mm
Tanggal: 20/08/2023

Dibuat : Team (44419001/44419018)
Kelas : 4A Mekatronika
Diperiksa :

Keterangan

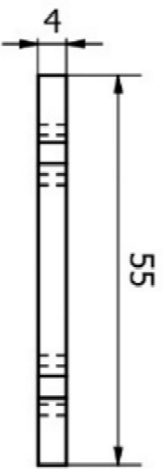
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

FRAME DUDUKAN MOTOR 1

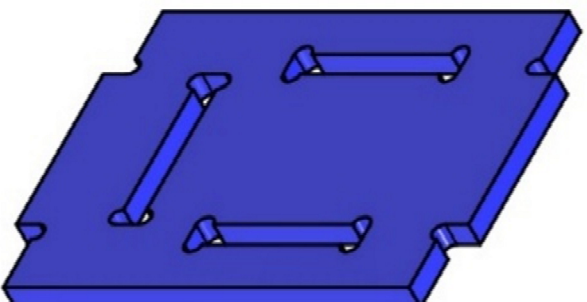
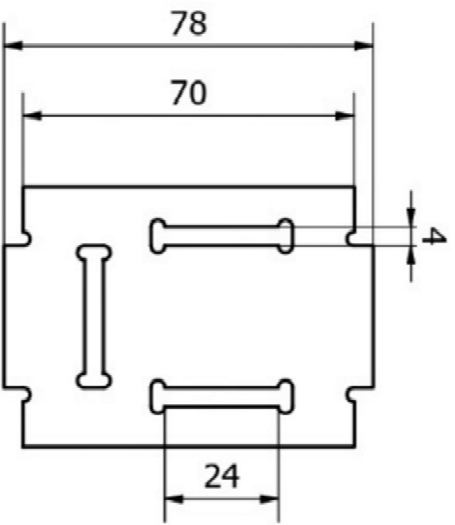
Sheet
8/15

A4

TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN



Skala : 1:5

Satuan : mm

Tanggal: 20/08/2023

Dibuat : Team (44419001/44419018)

Kelas : 4A Mekatronika

Diperiksa :

Keterangan

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

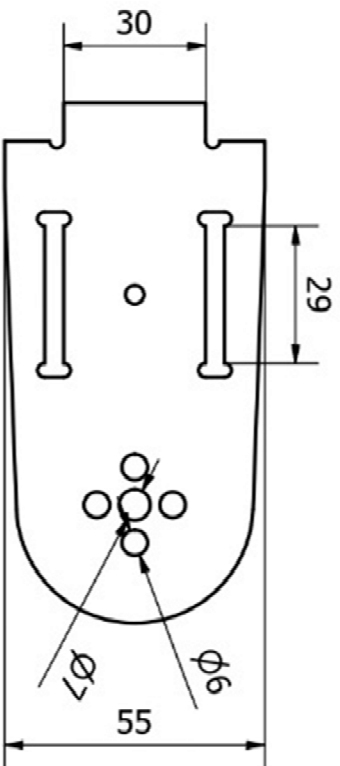
FRAME DUDUKAN MOTOR 2

Sheet

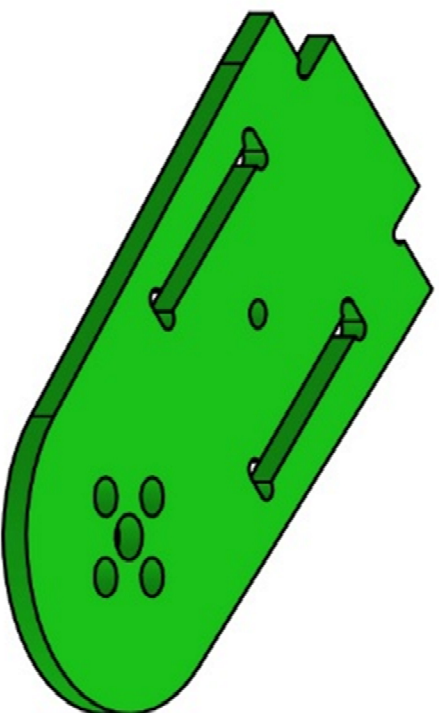
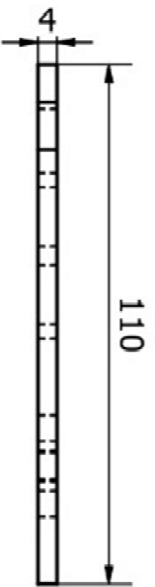
9/15

A4

TAMPAK ATAS



TAMPAK SAMPIING



	Skala : 1:5	Dibuat : Team (44419001/44419018)	Keterangan	
	Satuan : mm	Kelas : 4A Mekatronika		
	Tanggal: 20/08/2023	Diperiksa :	Sheet	

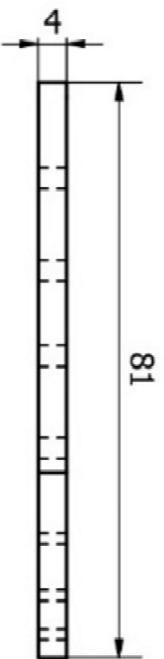
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

FRAME DUDUKAN MOTOR 3

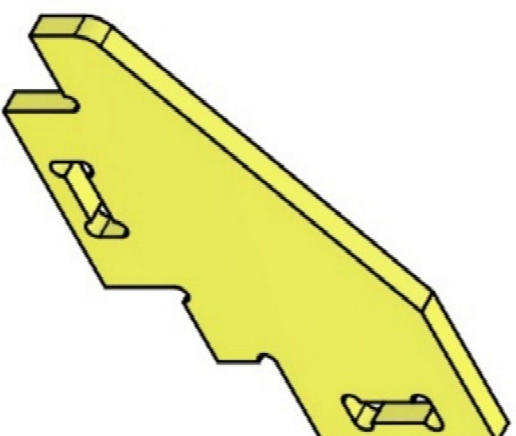
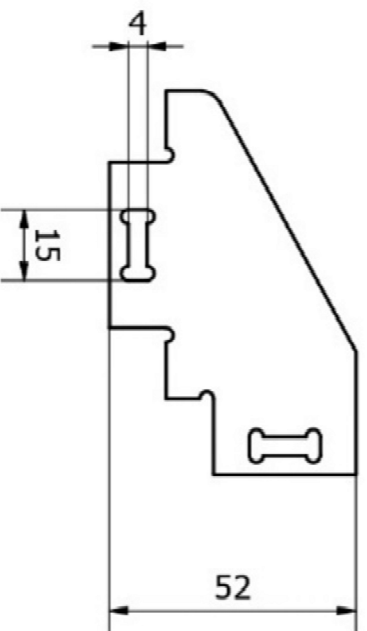
10/15

A4

TAMPAK ATAS



TAMPAK SAMPIING



Skala : 1:5

Satuan : mm

Tanggal: 20/08/2023

Dibuat : Team (44419001/44419018)

Kelas : 4A Mekatronika

Diperiksa :

Keterangan

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

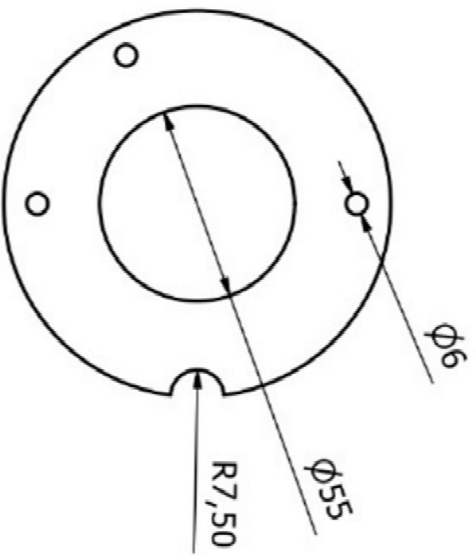
FRAME DUDUKAN MOTOR 4

Sheet

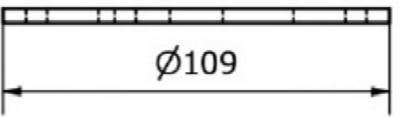
11/15

A4

TAMPAK DEPAN



TAMPAK SAMPIING



Skala : 1:5
Satuan : mm
Tanggal: 20/08/2023

Dibuat : Team (44419001/44419018)
Kelas : 4A Mekatronika
Diperiksa :

Keterangan

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

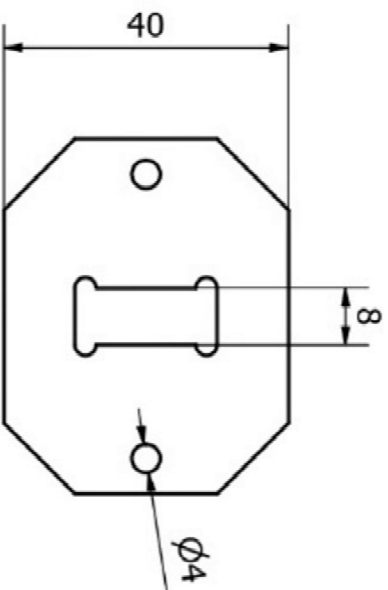
PARTISI BALLAST

Sheet

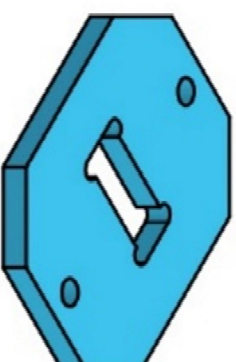
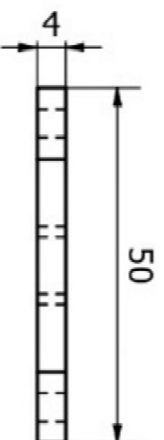
12/15

A4

TAMPAK ATAS



TAMPAK SAMPIING



Skala : 1:5

Satuan : mm

Tanggal: 20/08/2023

Dibuat : Team (44419001/44419018)

Kelas : 4A Mekatronika

Diperiksa :

Keterangan

Sheet

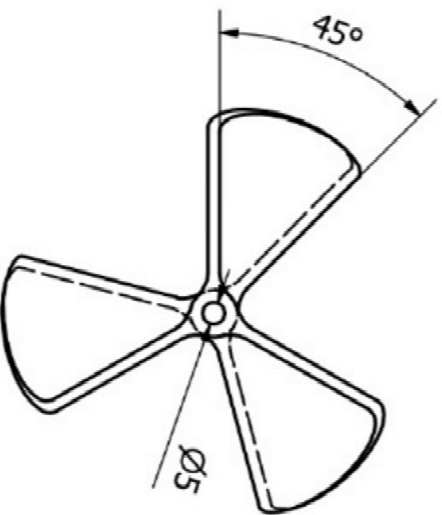
13/15

A4

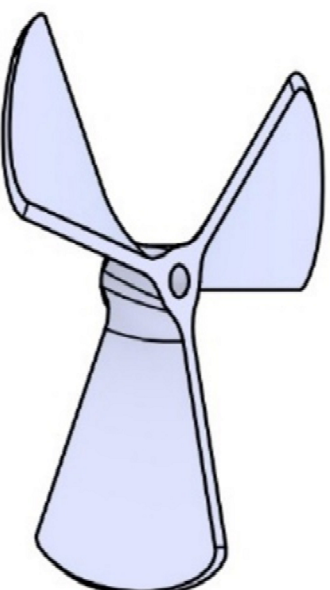
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

DUDUKAN HOLDER BALLAST

TAMPAK ATAS



TAMPAK SAMPING



	Skala : 1:5	Dibuat : Team (44419001/44419018)	Keterangan	
	Satuan : mm	Kelas : 4A Mekatronika		
	Tanggal: 20/08/2023	Diperiksa :		

POLITEKNIK NEGERI UTUNG PANDANG

PROPELLER CW

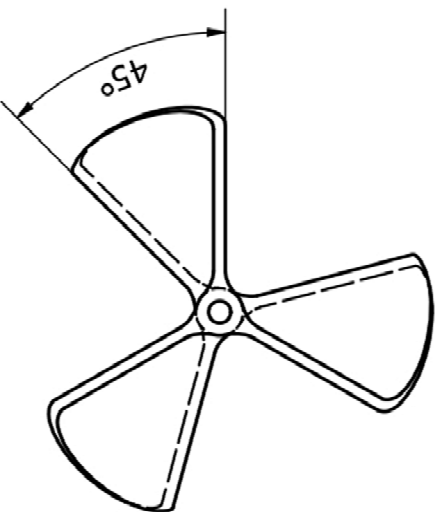
Sheet

14/15

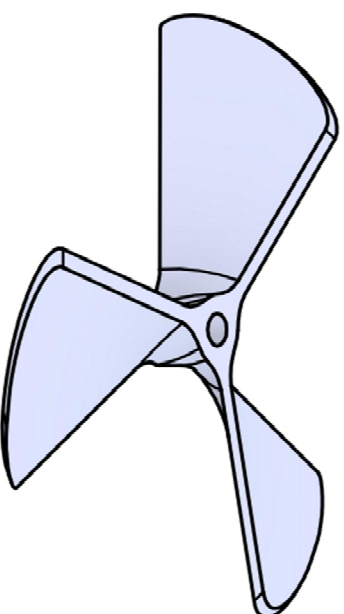
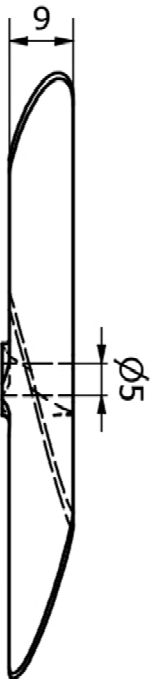
A4



TAMPAK ATAS



TAMPAK SAMPIING



Skala : 1:5

Satuan : mm

Tanggal: 20/08/2023

Dibuat : Team (44419001/44419018)

Kelas : 4A Mekatronika

Diperiksa :

Keterangan

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

PROPELLER CW

Sheet

15/15

A4