

Rancang Bangun Sistem dan Mekanisme Prototype Underwater Rov (*Remotely Operated Vehicle*) Berbasis Arduino

David Lamasalas¹, Muhammad Ridha Fauzi², Sunaryo³

^{1,3} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau

² Program Studi Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau

Jl. Tuanku Tambusai Ujung No. 1 Pekanbaru

E-mail: davidlamasalas11@gmail.com

Abstract

ROV (Remotely Operated Vehicle) is an underwater explorer robot that is controlled by an operator using the ROV control system, namely a remote control device. Indonesia as a country where most of its territory is water, of course, requires an underwater monitoring process in order to maintain aquatic ecosystems and resources. Many areas of Indonesian waters have various kinds of risks that can endanger divers such as wild animals, toxic waste, limited oxygen and so on. Because of these problems, a system design project and mechanism for an Arduino-based underwater ROV (Remotely Operated Vehicle) prototype were created. In this research, a tool was made in the form of a submarine robot using 4 dc motors to perform 8 types of movements underwater with the result being an ROV that can perform all of these movements. By using the BTS7960 motor driver, each motor can control the direction of rotation and speed. This robot has the goal of taking data in the form of temperature, pressure, and images in the water with a maximum depth of 3 meters. Temperature and pressure data are collected using a DS18B20 temperature sensor and displayed on a 16x2 LCD display. While taking pictures or videos is done using a CCTV camera connected to a laptop as a monitor with the captured images being quite clear.

Keywords: Underwater exploration, ROV (Remotely Operated Vehicle), underwater robot, temperature, pressure

Abstrak

ROV (Remotely Operated Vehicle) merupakan sebuah robot penjelajah bawah air yang dikendalikan oleh operator menggunakan sistem pengendali ROV yaitu perangkat remote control. Indonesia sebagai Negara yang sebagian besar wilayahnya berupa perairan tentunya memerlukan proses monitoring bawah air demi terjaganya ekosistem dan sumber daya perairan. Banyak daerah perairan Indonesia memiliki berbagai macam resiko yang dapat membahayakan penyelam seperti hewan buas, limbah beracun, keterbatasan oksigen dan sebagainya. Karena permasalahan tersebut, maka dibuatlah projek rancang bangun sistem dan mekanisme prototype underwater ROV (Remotely Operated Vehicle) berbasis Arduino. Pada penelitian ini telah dibuat sebuah alat berupa robot kapal selam dengan menggunakan 4 motor dc untuk melakukan 8 jenis pergerakan di bawah air dengan hasilnya yaitu ROV yang dapat melakukan semua pergerakan tersebut. Dengan menggunakan driver motor BTS7960, setiap motornya dapat dikendalikan arah putar dan kecepatannya. Robot ini memiliki tujuan yaitu mengambil data berupa suhu, tekanan, dan gambar di dalam air dengan kedalaman maksimal yaitu 3 meter. Pengambilan data suhu dan tekanan dilakukan dengan menggunakan sensor suhu DS18B20 dan ditampilkan pada display LCD16x2. Sedangkan pengambilan gambar atau video dilakukan menggunakan kamera CCTV yang disambungkan dengan laptop sebagai monitornya dengan hasil gambar yang ditangkap cukup jelas.

Kata kunci: Eksplorasi bawah air, ROV (Remotely Operated Vehicle), robot bawah air, suhu, tekanan

1. Pendahuluan

Berdasarkan data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, Indonesia adalah negara kepulauan dengan wilayah daratan dan perairan dengan luas 5.193.250 km². Wilayah perairan Indonesia memiliki luas kurang lebih 3.273.810 km² atau sekitar dua per tiga dari keseluruhan luas negara Indonesia. Kondisi perairan Indonesia yang meliputi unsur-unsur seperti kondisi fisik, ekosistem dan suhu perlu dipantau untuk menjaga sumber daya air yang berpotensi menimbulkan bencana alam, kerusakan ekosistem air ataupun keamanan nasional. [1] Kondisi perairan Indonesia yang luas tersebut menimbulkan keuntungan tersendiri bagi kita semua, salah satunya adalah keanekaragaman ekosistem bawah air yang indah dan cantik. Namun semakin kesini kondisi ekosistem tersebut mulai mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh manusia.

Oleh karena itu, untuk menjaga ekosistem bawah air perlu dilakukan observasi dan pengambilan data keadaan lingkungan perairan secara intensif dan berlanjut dengan cara menyelam serta mengawasi langsung keadaan ekosistem tersebut. Namun pengamatan di bawah air memiliki beberapa resiko yaitu adanya area-area yang sulit dijangkau manusia, terbatasnya oksigen, serta resiko bahaya yang tinggi akibat serangan hewan buas dan lain sebagainya. Hal ini memicu diperlukannya teknologi yang dapat menggantikan tugas manusia demi mendapatkan hasil yang lebih baik serta menghilangkan berbagai resiko tersebut.

Salah satu teknologi yang mendukung kegiatan ini adalah ROV atau *Remotely Operated Vehicle*. Berdasarkan *Marine Technology Society ROV Committee's* dalam “*Operational Guidelines for ROVs*” (1984) dan *The National Research Council Committee's* dalam “*Undersea Vehicles and National Needs*”(1996) definisi ROV adalah sebuah robot bawah laut yang dikendalikan oleh operator, untuk tetap dalam kondisi yang aman, pada saat wahana bekerja di lingkungan yang berbahaya [2]. Secara umum, ROV dikenal sebagai suatu kapal selam ukuran kecil yang biasa digunakan pada kegiatan lepas pantai baik untuk keperluan migas maupun penelitian. Kapal selam ini tidak berawak, tetapi dioperasikan oleh operator yang berada pada kapal induk yang membawa wahana ini. Gambar 1 merupakan ROV pertama pada tahun 1952 yang dikembangkan oleh Dimitri Rebikoff.

Beberapa percobaan dan penelitian telah dilakukan. [3] merancang sebuah robot ROV yang mampu mengukur suhu dan tekanan air serta menampilkan kedalaman posisi ROV pada

Graphic LCD yang dihitung dari permukaan air. Penelitian ini menggunakan sensor LM35 untuk mengukur suhu air dan sensor MPX5700AP untuk mengukur tekanan air. Untuk mekaniknya tidak menggunakan pipa melainkan menggunakan bahan aluminium dan PVC. Sedangkan untuk penggeraknya menggunakan motor AC single phase. Untuk mengontrol pergerakan ROV digunakan mikrokontroler STM32F0 Discovery sebagai otak dari robot ROV. Penelitian ini mengutamakan tampilan yang dihasilkan pada monitor yaitu posisi robot ROV di dalam air.

Peneliti [4] menganalisis desain awal rancang bangun ROV yang dapat mengidentifikasi objek di dalam air. Dengan kata lain ROV yang dibuat dilengkapi dengan kamera yang dapat merekam keadaan di bawah air. ROV ini dilengkapi dengan sensor juga, namun tidak disebutkan sensor apa yang dipakai. Yang unik pada pembuatan ROV ini adalah desain mekanik yang dirancang menyerupai mobil racing. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, dalam perancangan ROV ini menggunakan motor DC sebagai penggeraknya. Tidak diketahui jenis mikrokontroler apa yang digunakan pada penelitian ini. Perancangan ini mengutamakan rancangan desain yang bagus dan memiliki efisiensi yang tinggi dalam bermanuver serta tata letak sensor agar dapat berfungsi dengan baik.

Selanjutnya, [5] merancang sebuah robot ROV dengan kemampuan untuk memonitoring keadaan di dalam air secara video *stream* dengan menggunakan GUI (*Graphic User Interface*) agar dapat menampilkan kondisi bawah air pada layar monitor secara *realtime* pada laptop dengan mengolah data berupa video *stream*, data suhu dan tekanan air. Berbeda dengan penelitian penelitian sebelumnya, keunggulan dari perancangan ROV ini adalah memiliki kemampuan menggerakkan kamera dengan motor servo sehingga lebih leluasa dalam pengambilan video *stream*. Hal ini dapat dilakukan dengan pengontrolan menggunakan arduino mini yang terhubung langsung dengan joypad sebagai kontrolernya. Penelitian ini menggunakan prosesor BCM 2835 pada Raspberry Pi 2 sebagai sistem akuisisi data berupa video *stream*, data suhu, tekanan air dan indikator baterai ROV. Untuk pembuatan mekaniknya menggunakan pipa dan motor DC sebagai penggeraknya. Penelitian ini mengutamakan hasil video *stream* yang lebih luas dengan solusi menggunakan motor servo sebagai penggerak kamera serta GUI.

Pada penelitian ini penulis memilih untuk merancang prototype ROV yang berbasis Arduino. Prototype ROV pada penelitian ini

menggunakan 4 buah motor DC untuk pergerakan horizontal maupun vertical. Selain itu prototype ROV juga dilengkapi dengan kamera dan sensor suhu demi mendapatkan data keadaan ekosistem perairan. Prototype ROV dikontrol oleh mikrokontroler Arduino Mega dan kendali dari luar air melalui kabel yang terhubung dengan gamepad, sehingga mempermudah pekerjaan serta lebih aman dibandingkan mengambil data secara manual di tempat yang memiliki banyak resiko. Mekanik prototype ROV dibuat dengan dua bahan yaitu akrilik dan pipa. Kapal selam ini berukuran kecil sehingga lebih mudah mengakses daerah yang sempit. Alat ini bisa diaplikasikan di lingkungan perairan seperti danau dan sungai.

1.1 Tekanan Hidrostatis

Tekanan hidrostatis adalah tekanan yang diberikan oleh air ke semua arah pada titik ukur manapun akibat adanya gaya gravitasi. Tekanan hidrostatis akan meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman diukur dari permukaan air [6].

Akibat gaya gravitasi, berat partikel air akan menekan partikel dibawahnya, dan begitu pula partikel-partikel air di bawahnya akan saling menekan hingga ke dasar air sehingga tekanan di bawah akan lebih besar dari tekanan di atas. Jadi, semakin dalam kita menyelam dari permukaan air, maka akan semakin banyak volume air yang ada di atas kita dengan permukaan air sehingga tekanan yang diberikan air pada tubuh kita (tekanan hidrostatis) akan semakin besar.

Tekanan hidrostatis pada titik kedalaman berapapun tidak dipengaruhi oleh berat air, luasan permukaan air, ataupun bentuk bejana air. Tekanan hidrostatis (P) menekan ke segala arah dengan satuan (N/m^2) atau Pascal (Pa).

Rumus tekanan hidrostatis dapat dilihat pada persamaan 1.

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (1)$$

dimana:

ρ = berat jenis air (untuk air tawar, 1000 kg/m^3)

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

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

1.2 Daya Listrik Pada Motor

Daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya adalah jumlah energi listrik yang digunakan tiap detik. Daya listrik (P) memiliki satuan Watt (W). Watt adalah sama dengan satu joule per detik (Watt = Joule/detik) [7]. Rumus umum daya listrik adalah :

$$P = I \times V \quad (2)$$

Dimana:

P = Daya Listrik (W)

I = Arus Listrik (A)

V = Tegangan Listrik (V)

1.3 Momen Gaya Pada Motor

Momen Gaya pada motor listrik dapat diperoleh dari hasil bagi antara daya keluaran (Watt) dengan kecepatan motor (rpm). Momen gaya pada motor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [7].

$$\tau = P/(2\pi N) \quad (3)$$

Dimana :

τ = Momen Gaya (Nm)

P = Daya (W)

π = 3,14

N = kecepatan putaran (rad/s)

1.4 Momen Gaya

Momen gaya atau torsi adalah gaya sumbu putar yang dapat menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar. Momen gaya ini juga disebut dengan torsi. Momen gaya atau torsi bernilai positif untuk gaya yang menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar searah dengan putaran jam dan bernilai negatif untuk gaya yang menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar berlawanan dengan putaran jam [8]. Torsi atau momen gaya dirumuskan dengan :

$$\tau = F \cdot r \rightarrow \tau = m \cdot g \cdot r \quad (4)$$

Keterangan :

τ = Momen Gaya (Nm)

F = gaya (N)

m = massa (Kg)

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

r = jari jari (m)

1.5 Daya

Daya merupakan jumlah usaha yang dilakukan tiap satu satuan waktu. Satuan yang digunakan untuk menyatakan daya yaitu Joule per detik atau Watt. Daya sama dengan jumlah energi yang diperlukan per satuan waktu [8]. Untuk menghitung daya dapat menggunakan rumus :

$$P = F \cdot v \rightarrow W = m \cdot g \cdot v \quad (5)$$

Keterangan :

P : Daya (Watt)

F : Beban alat (Newton)

v : kecepatan (m/s)

m : massa alat (kg)

g : percepatan gravitasi bumi ($9,8 m/s^2$)

1.6 Aliran hidrodinamis

Hidrodinamis adalah fenomena yang terjadi pada fluida, dimana fluida diasumsikan inkompresibel dan tidak memiliki viskositas atau dapat diabaikan. Pada umumnya fluida akan mengalami deformasi, elastis, plastis, dan mengalir akibat adanya suatu gaya. Fluida terbagi menjadi fluida gas (kompresibel) dan fluida cair (inkompresibel). Fluida kompresibel

merupakan fluida yang dapat mengalami perubahan tekanan sedangkan fluida inkompresibel merupakan fluida yang tidak mengalami perubahan tekanan. Di dalam analisa hidrodinamika maka secara keseluruhan fluida dianggap inkompresibel [9]. Untuk menghitung hidrodinamis menggunakan rumus :

$$Q = A \cdot V \quad (6)$$

Keterangan :

Q = debit aliran fluida (m^3/s)

A = luas penampang (m^2)

V = kecepatan aliran (m/s)

2. Methodologi

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini : Arduino IDE, obeng, solder, gerinda, bor, kunci pas, meteran, dan laptop. Sedangkan bahan yang digunakan adalah pipa, akrilik, *water proof* motor DC, *Waterproof diving flashlight*, kamera CCTV, Arduino Mega, Arduino USB host shield, driver motor, sensor suhu, PC USB gamepad.

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini adalah:

a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari materi yang bersumber dari buku dan jurnal yang berkaitan dengan *Underwater ROV*.

b. Studi Lapangan

Kegiatan ini dilakukan untuk mengobservasi kebutuhan yang ada di masyarakat yang terkait dengan teknologi ROV. Salah satu yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah konservasi perairan, terutama dilakukan pada perairan dangkal seperti sungai, danau, irigasi, dan pesisir pantai yang masih sangat dengan mudah dijangkau oleh manusia. Berdasarkan hasil observasi ini, diperoleh bahwa untuk menjaga ekosistem perairan perlu dilakukan monitoring yang dapat menjangkau perairan dangkal tersebut.

c. Identifikasi Permasalahan

Berdasarkan studi literatur dan studi lapangan yang telah dilakukan, maka identifikasi masalah yang didapatkan pada *Underwater ROV* dibutuhkan perancangan yang terdiri dari:

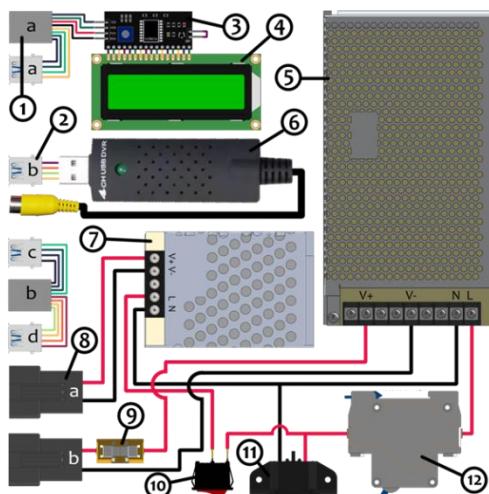
1) Perancangan Mekanik

Merancang desain mekanik ROV dengan menggunakan software *Solidworks*. Desain mekanik yang dibuat meliputi peletakan motor pendorong, kamera, serta sensor suhu yang tepat agar mendapatkan hasil yang baik, dengan kata lain robot ROV dapat bergerak

secara baik, mengambil data gambar dan suhu di bawah air pada kedalaman tertentu.

2) Perancangan Elektronik

Rangkaian elektronika yang diperlukan pada ROV adalah rangkaian kontrol dimana mikrokontroler Arduino Mega mendapatkan masukan perintah dari kontroler yaitu joystick. Perintah diproses oleh arduino mega dan mengontrol driver motor untuk memutar motor sehingga ROV dapat bergerak. Rangkaian lainnya adalah pembacaan sensor dimana arduino uno mendapatkan data dari sensor suhu DS18B20 dan ditampilkan menggunakan lcd.



Gambar 1. Rangkaian Elektrik pada Box kontrol

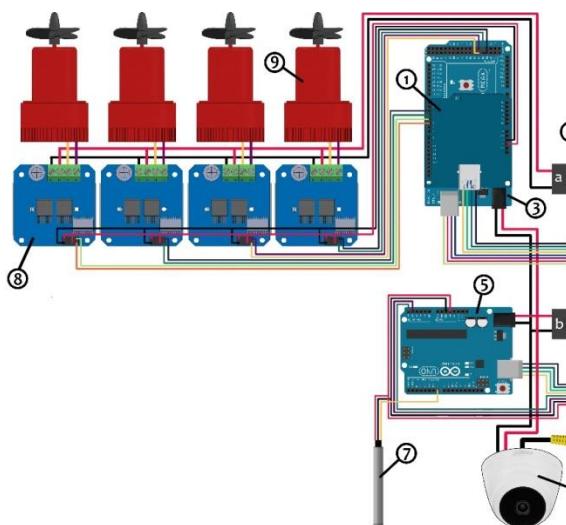
Dari segi peletakkannya, rangkaian elektronika ROV dibagi menjadi 2. Pertama yaitu rangkaian pada box kontrol. Rangkaian ini diletakkan dalam box akrilik dan tidak terpasang pada ROV sehingga tidak ikut masuk ke dalam air. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 1di atas.

Keterangan Gambar 1:

1. Port RJ45, adalah port yang berfungsi untuk menghubungkan kabel LAN dimana kabel ini berisi delapan buah kabel tipis sebagai jalur transfer data.
2. Port USB, adalah port yang berfungsi untuk menghubungkan kabel USB dimana pada rangkaian ini memerlukan 4 buah port dengan fungsi masing masing. Port USB *a* digunakan untuk memprogram arduino UNO, port USB *b* dihubungkan ke PC sebagai penampil gambar hasil kamera, port USB *c* digunakan untuk memprogram Arduino Mega, dan port USB *d* dihubungkan ke joystick atau gamepad sebagai kontroler ROV.
3. LCD I2C

4. LCD 16*2
5. Power supply 12V 50A
6. 4CH USB DVR (Digital Video Recorder)
7. Power supply 12V 5A
8. Cable connector
9. Fuse
10. Saklar
11. Soket adaptor
12. MCB C4

Selain rangkaian pada box kontrol, terdapat juga rangkaian elektronika yang terletak di dalam box ROV berupa pipa berdiameter 4 inci. Box tersebut terpasang pada badan ROV. Proses penutupan tutup pipa menggunakan lem akuarium dan resin agar box tersebut kedap air dan tidak bocor. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Elektrik Pada ROV

Keterangan :

1. Arduino USB Host Shield.
2. Cable Connector
3. Arduino MEGA
4. Port RJ45
5. Arduino UNO
6. Kamera CCTV
7. Sensor suhu DS18B20
8. Driver motor BTS7960
9. Waterproof DC Motor 12V (Bilge Pump)

3) Perancangan Program

Merancang program agar ROV dapat dikontrol menggunakan kabel yang tetap terhubung dengan ROV dan kontrollernya dengan tetap menggunakan mikrokontroler arduino.

4). Implementasi Hasil Rancangan

Membuat Underwater ROV sesuai dengan desain yang sudah dirancang baik perancangan mekanik serta perancangan elektronik.

5). Pengujian

5.1). Pengujian Pergerakan ROV

Langkah langkah yang harus dilakukan saat pengujian manuver pergerakan ROV:

1. Menghubungkan semua kabel ROV ke port pada box kontrol.
2. Menghubungkan PC dengan box control dan membuka aplikasi superviewer.
3. Menghubungkan stick ke box sebagai kontroler ROV.
4. Menekan switch untuk menyalaikan ROV.
5. Memasukkan ROV ke kolam renang.
6. Melakukan gerakan maju sejauh 2 meter sebanyak 3 kali.
7. Mengulangi langkah nomor 6 untuk pergerakan mundur.
8. Melakukan gerakan turun sejauh 1 meter sebanyak 3 kali.
9. Mengulangi langkah nomor 8 untuk pergerakan naik.
10. Melakukan gerakan putar kanan sebesar 180° sebanyak 3 kali.
11. Mengulangi langkah nomor 10 untuk pergerakan putar kiri
12. Melakukan gerakan rolling kanan sebesar 180° sebanyak 3 kali
13. Mengulangi langkah nomor 12 untuk pergerakan rolling kiri

5.2 Pengujian sensor suhu ROV

Langkah langkah yang harus dilakukan saat pengujian sensor suhu dan ROV:

1. Memasang titik ukur thermometer di dekat sensor suhu ROV.
2. Mengikat meteran pada badan ROV sehingga mempermudah dalam memposisikan ROV.
3. Menghubungkan semua kabel ROV ke port pada box kontrol.
4. Menghubungkan PC dengan box control dan membuka aplikasi superviewer.
5. Menghubungkan stick ke box sebagai kontroler ROV.
6. Menekan switch untuk menyalaikan ROV.
7. Memasukkan ROV ke kolam renang.
8. Mengontrol ROV hingga mencapai kedalaman 20 cm dari permukaan diukur dengan meteran.
9. Mencatat hasil pembacaan thermometer dan sensor suhu.

Mengulangi langkah 9 dan 10 pada kedalaman 40, 60, 80, 100 cm.

5.3. Pengujian Kamera ROV

Langkah-langkah yang harus dilakukan saat pengujian kamera ROV:

1. Menghubungkan semua kabel ROV ke port pada box kontrol.
2. Menghubungkan laptop dengan box control dan membuka aplikasi superviewer.
3. Menghubungkan stick ke box sebagai kontroler ROV.
4. Menekan switch untuk menyalakan ROV.
5. Memasukkan ROV ke kolam renang.
6. Memposisikan objek di depan kamera ROV.
7. Menangkap gambar objek dengan mengklik tombol pada aplikasi superviewer

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perancangan ROV

3.1.1 Material ROV

Material ROV yang digunakan adalah material yang mampu menahan tekanan air dengan kedalaman 3 meter. Tekanan air pada kedalaman 3 meter dengan berat jenis air 1000 Kg/m³ dan gaya gravitasi bumi 9,8 m/s² dihitung dengan persamaan 1 :

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$P = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ m}$$

$$P = 29400 \text{ N/m}^2 = 0,294 \text{ bar}$$

Sehingga, material yang digunakan adalah material yang mampu menahan tekanan sebesar 0,294 bar. Adapun bahan material ROV yang digunakan berupa pipa *Polyvinyl Chloride* (PVC) kelas AW yang berstandar SNI 06-0084-2002/ISO 4422 yang mampu menahan tekanan sebesar 10 bar, sehingga memenuhi syarat sebagai material ROV. Selain pipa, material ROV lainnya yaitu akrilik yang mampu menahan tekanan sebesar 73 bar.

3.1.2 Dimensi Pipa Utama

Dimensi pipa *Polyvinyl Chloride* (PVC) ditentukan dengan cara menghitung dimensi komponen elektronik terlebih dahulu, karena pipa *Polyvinyl Chloride* (PVC) berfungsi untuk meletakkan komponen elektronik. Berikut adalah dimensi dari komponen elektronik tersebut :

1. Kamera CCTV, berdimensi panjang 100 mm, lebar 100 mm dan tinggi 87 mm
2. Arduino mega, berdimensi panjang 102 mm dan lebar 54 mm
3. Arduino USB Host Shield, berdimensi panjang 55 mm dan lebar 55 mm
4. Driver motor BTS7960, berdimensi panjang 50 mm dan lebar 50 mm

5. Kabel dan komponen lainnya, berdimensi 23 mm

Berdasarkan dimensi komponen elektronik di atas, maka dimensi panjang pipa dihitung dengan cara berikut:

$$\begin{aligned} &= \text{dimensi kamera CCTV} + \text{dimensi arduino mega} + 4 \text{ dimensi driver motor BTS7960} \\ &\quad + \text{dimensi kabel untuk masuk ke dalam ROV} \\ &= 100 + 55 + 4 \times 50 + 25 \\ &= 380 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga, dimensi panjang pipa *Polyvinyl Chloride* (PVC) yang dibutuhkan adalah 380 mm. Untuk diameter pipa yang dibutuhkan yaitu lebih dari 100 mm, karena berdasarkan dimensi terlebar dari komponen elektronik adalah kamera CCTV. Dengan itu, diameter lebar pipa *Polyvinyl Chloride* (PVC) adalah 101,6 mm (4 inchi).

3.1.3 Berat Alat

Berikut adalah berat rencana alat yang berada di *underwater Remotely Operated Vehicle* (ROV):

1. Kamera, dengan berat rencana 55 g x 1,2 = 66 g
2. Driver motor, dengan berat rencana 60 g x 1,2 = 72 g x 4 = 288 g
3. Arduino USB host shield, dengan berat rencana 15 g x 1,2 = 18 g
4. Arduino mega, dengan berat rencana 35 g x 1,2 = 42 g
5. Sensor suhu, dengan berat rencana 20 g x 1,2 = 24 g
6. Pipa 4 inchi, dengan berat rencana 600 g x 1,2 = 720 g
7. Senter, dengan berat rencana 300 g x 1,2 = 360 g x 2 = 720 g
8. Motor, dengan berat rencana 300 g x 1,2 = 360 g x 4 = 1440 g
9. Akrilik penghubung motor, dengan berat rencana 200 g x 1,2 = 240 g x 2 = 480 g
10. Pengunci pipa besar, dengan berat rencana 100 g x 1,2 = 120 g x 2 = 240 g
11. Pengunci motor, dengan berat rencana 60 g x 1,2 = 72 g x 4 = 288 g
12. Pengunci senter, dengan berat rencana 40 g x 1,2 = 48 g x 2 = 96 g
13. Kabel LAN 10 meter, dengan berat rencana 160 g x 1,2 = 192 g
14. Kabel listrik 5 meter, dengan berat rencana 90 g x 1,2 = 108 g
15. Kabel ekstensi CCTV 5 meter, dengan berat rencana 70 g x 1,2 = 84 g

Sehingga jumlah berat rencana alat yang berada di *underwater Remotely Operated Vehicle* (ROV) adalah 4.806 g.

Berat karena pengaruh tekanan saat di dalam air adalah :

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$\begin{aligned}
 P &= 1000 \cdot 9,8 \cdot 3 \\
 P &= 29400 \text{ N/m}^2 \\
 P &= F/A \\
 P &= (m \cdot g)/A \\
 29400 &= (m \cdot 9,8) / (0,87 \text{ m}^2) \\
 m &= (29400 \cdot 0,87) / 9,8 = 2610 \text{ kg} \\
 m &= 2610/1000 = 2,61 \text{ kg} \\
 m &= 2610 \text{ g} \\
 \text{Sehingga untuk berat total adalah :} \\
 m_{\text{total}} &= m_{\text{rencana}} + m_{\text{tekanan}} \\
 &= 4806 - 2610 \\
 &= 2196 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Jadi untuk berat total dari *Underwater Remotely Operated Vehicle* (ROV) adalah 2196 g

3.1.4 Perhitungan Daya Yang Dibutuhkan

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan ROV.

Untuk Daya motor yang dibutuhkan menggunakan persamaan 5 dengan berat alat 2196 g dan kecepatan ROV yang diinginkan 0,1 m/s adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= F \cdot v \rightarrow W = m \cdot g \cdot v \\
 P &= 2,916 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,1 \text{ m/s} \\
 P &= 2,15 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

3.1.5 Perhitungan Momen Gaya Yang Dibutuhkan

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui momen gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan ROV.

Untuk Momen gaya yang dibutuhkan menggunakan persamaan 4 dengan berat alat 2196 g dan jari-jari propeller 0,025 m adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \tau &= F \cdot r \rightarrow \tau = m \cdot g \cdot r \\
 \tau &= 2,196 \cdot 9,8 \cdot 0,025 \\
 \tau &= 0,54 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Karena untuk setiap pergerakan menggunakan dua motor, maka torsi untuk satu motor :

$$\tau = 0,54/2 = 0,27 \text{ Nm}$$

3.1.6 Daya Motor

Motor penggerak merupakan komponen utama untuk menggerakkan ROV sehingga harus memenuhi kebutuhan dari daya yang sudah dihitung. Untuk menghitung daya motor digunakan persamaan 1 :

$$\begin{aligned}
 P &= I \cdot V \\
 P &= 12 \text{ A} \cdot 12 \text{ V} \\
 P &= 144 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Dengan nilai daya motor 144 Watt mampu untuk memenuhi nilai kebutuhan daya ROV yang bernilai 2,15 Watt

3.1.7 Momen Gaya Motor

Sama seperti Daya, momen gaya motor harus memenuhi kebutuhan dari momen gaya yang sudah dihitung. Untuk mengitung momen gaya motor digunakan persamaan 3 :

$$\begin{aligned}
 \tau &= W/(2 \cdot \pi \cdot \omega) \\
 \tau &= 144 / (2 \cdot \pi \cdot 1000/60) \\
 \tau &= 1,375 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Dengan nilai momen gaya motor 1,375 Nm mampu untuk memenuhi kebutuhan momen gaya pada ROV yang bernilai 0,27 Nm

3.1.8 Dimensi Pipa Pelindung Motor

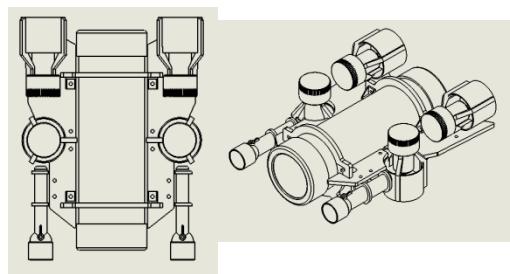
Desain pipa pelindung motor ditentukan dengan cara menghitung hidrodinamis yang akan terjadi di pipa pelindung motor. Untuk perencanaan jari-jari pipa pelindung motor digunakan persamaan 6 dengan kecepatan aliran yang diinginkan 0,05 m/s adalah sebagai berikut :

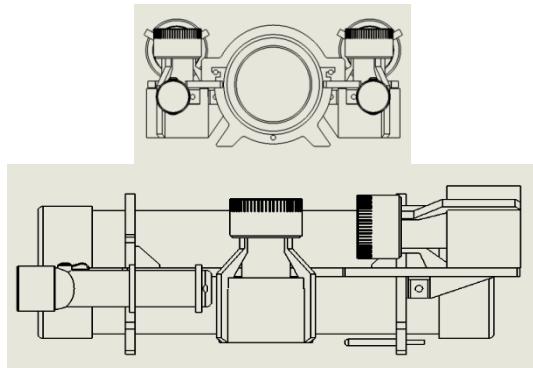
$$\begin{aligned}
 Q &= A \cdot V \\
 0,001 \text{ m}^3/\text{s} &= A \cdot 0,05 \text{ m/s} \\
 A &= (0,001 \text{ m}^3/\text{s}) / (0,05 \text{ m/s}) = 0,02 \text{ m}^2 \\
 A &= \pi r^2 \\
 0,02 &= \pi r^2 \\
 r^2 &= 0,02/\pi = 0,006366 \\
 r &= \sqrt{0,006366} \\
 r &= 0,079 \text{ m} = 7,9 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, ukuran maksimal jari-jari (r) pipa pelindung motor adalah 7,9 cm

3.1.9 Rancangan ROV

ROV yang telah dibuat menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan akrilik sebesar 8 mm. Hasil perancangan ROV ditunjukkan pada gambar 3. ROV dirancang dengan menggunakan bahan akrilik dikarenakan lebih ringan, tahan benturan, dan ramah terhadap lingkungan karena tidak menimbulkan racun yang membahayakan lingkungan laut. Sehingga, ROV yang dirancang memiliki kemampuan bermanuver secara aman dan terkendali, mudah dioperasikan dan dapat menampilkan gambar bawah air secara realtime

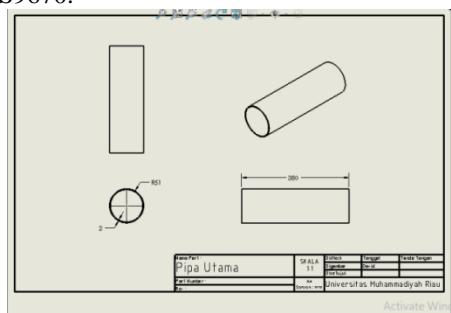


**Gambar 3.** Rancangan ROV

3.2 Proses Pembuatan

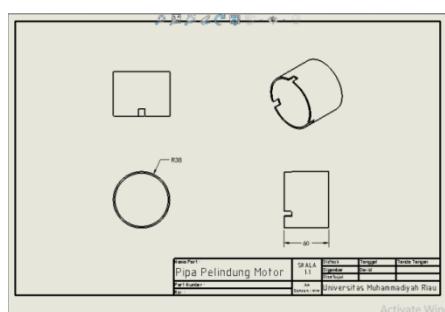
3.2.1 Pembuatan Pipa Utama

Pada tahap ini dilakukan pemotongan pipa PVC berukuran 4 inchi dengan menyesuaikan skema pada tahap perencanaan pipa seperti gambar 4. Untuk pemotongan pipa menggunakan gerinda. Untuk panjang pipa yang dibutuhkan berukuran 380 mm seperti gambar 4. Pipa ini berfungsi sebagai tempat untuk rangkaian elektronika Arduino MEGA dan Driver motor BTS9670.

**Gambar 4.** Pipa Utama

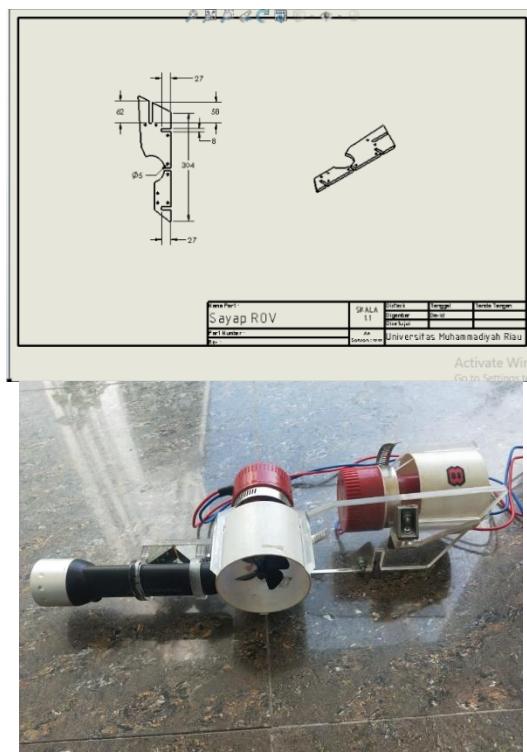
3.2.2 Pembuatan Pipa Pelindung Motor

Pada tahap ini dilakukan pemotongan pipa berukuran 7,6 mm dengan menyesuaikan skema pada tahap perencanaan pipa pelindung motor seperti gambar 5. Untuk pemotongan pipa menggunakan gerinda. Untuk panjang pipa yang dibutuhkan berukuran 60 mm. pipa ini berfungsi sebagai pelindung thruster yang berada di motor pipa.

**Gambar 5.** Pipa Pelindung Motor

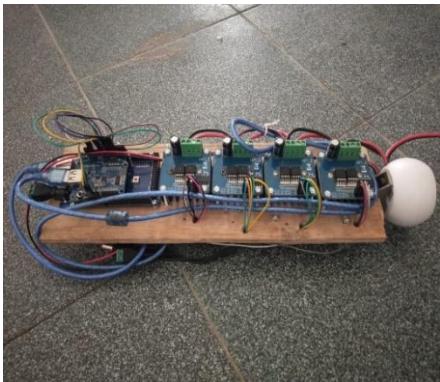
3.2.3 Pemotongan Akrilik ROV

Pada tahap ini dilakukan pemotongan Akrilik dengan menyesuaikan gambar teknik seperti gambar 6.

**Gambar 6.** Akrilik ROV

3.2.4 Perakitan Perangkat Keras ROV

Pada tahap ini dilakukan perakitan perangkat keras ROV dengan menyesuaikan skema pada gambar 2 dimana dilakukan penyolderan untuk menyambungkan 2 port USB ke Port LAN. Gambar 7 merupakan gambar perakitan perangkat keras ROV.



Gambar 7. Perakitan perangkat keras ROV

3.2.5 Perakitan Perangkat Keras Box Control

Pada tahap ini dilakukan perakitan perangkat keras box control dengan menyesuaikan skema pada gambar 8 juga dilakukan penyolderan untuk menyambungkan 2 Port USB ke Port LAN. Gambar 8 merupakan gambar perakitan perangkat keras box control.



Gambar 8. Perakitan perangkat keras box control

4.2.6 Perakitan Sayap ROV Dengan Motor, Senter Dan Pipa Utama

Pada tahap ini dilakukan perakitan sayap ROV dengan motor, senter dan pipa utama dengan menyesuaikan skema gambar 9. Pada perakitan ini digunakan baut serta mur yang berukuran 4 mm. gambar 9 merupakan gambar perakitan sayap ROV dengan motor dan senter.



Gambar 9. Perakitan Sayap ROV dengan Motor, Senter Dan Pipa Utama

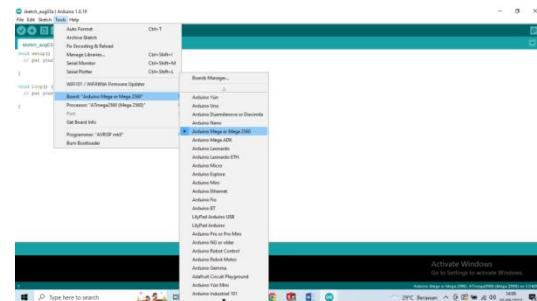
4.2.7 Pemrograman Perangkat Lunak

Pada tahap ini dilakukan pemrograman Arduino mega dengan cara menghubungkan Arduino mega ke laptop atau PC seperti gambar 10.



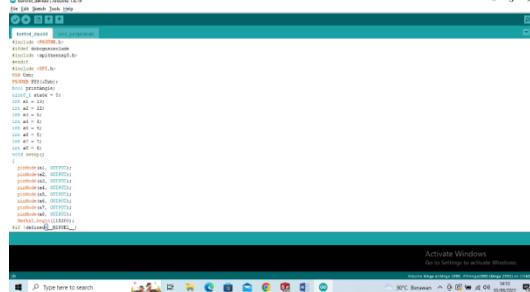
Gambar 10. Menghubungkan Arduino ke PC atau laptop

Setelah Arduino mega terhubung ke PC atau laptop kemudian buka aplikasi Arduino IDE. Setelah itu tekan tombol “Tools” kemudian pilih “Board” setelah itu pilih “Arduino Mega or Mega 2560” seperti gambar 11.



Gambar 11. Pemilihan jenis Arduino

Kemudian lakukan pemrograman dengan menggunakan Bahasa C seperti pada gambar 12.



Gambar 12. Pemograman Arduino IDE

Setelah pemrograman selesai, upload source code program ke Arduino Mega dengan menekan tombol “upload”, tunggu sampai Arduino IDE menjadi “Done Uploading”

3.3 Pengujian ROV

3.3.1 Pengujian Pergerakan ROV

Saat bermanuver di dalam air, ROV memiliki 8 jenis pergerakkan. 8 jenis pergerakan tersebut meliputi naik, turun, maju, mundur, putar kanan, putar kiri, rolling kanan, rolling kiri. ROV dilengkapi dengan 4 buah motor untuk semua pergerakan dan memerlukan 2 buah motor yang berbeda beda untuk masing masing pergerakan.

3.3.2 Data Hasil Pengujian Pergerakan

Data yang diambil adalah waktu tempuh dari setiap gerakan ROV. Data uji coba pergerakan ROV dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.

Data pergerakan ROV

Gerakan	Percobaan ke-1 (s)	Percobaan ke-2 (s)	Percobaan ke-3 (s)
Maju sejauh 2m	7,02	6,89	6,78
Mundur sejauh 2m	8,99	8,67	8,71
Naik sejauh 1m	6,01	5,78	5,67
Turun sejauh 1m	6,31	6,28	6,19
Rolling kanan 180°	2,96	2,67	2,72
Rolling kiri 180°	2,53	2,98	2,83
Putar kanan 180°	4,77	4,56	4,32
Putar kiri 180°	3,62	3,70	3,56

Pada Tabel 1, data yang diambil adalah data waktu tempuh ROV dalam melakukan setiap manuver atau gerakan. Pada Gambar 13 dapat dilihat bagaimana cara mendapatkan data tersebut.



Gambar 13. Proses pengujian gerakan putar kiri ROV

Dari pengambilan data yang telah dilakukan, didapatkan bahwa ROV dapat melakukan semua pergerakan pada 3 kali percobaan.

3.3.3 Pengujian Sensor Suhu ROV

ROV yang dibuat memiliki kemampuan untuk mengukur suhu di dalam air. Komponen yang digunakan adalah sensor DS18B20 untuk mengukur suhu. Masing masing sensor tersebut terhubung ke mikrokontroler arduino UNO untuk di proses sinyalnya dan data suhu akan ditampilkan dengan lcd 16x2.

3.3.4 Data Hasil Pengujian Sensor

Data yang diambil adalah kepresisian dari sensor dalam membaca suhu air di setiap kedalaman yang telah ditentukan, dan secara matematis didapatlah nilai suhu pada setiap kedalaman tertentu tersebut. Data uji coba pembacaan sensor ROV dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.

Kedalaman	Data pembacaan sensor ROV Kedalaman Suhu	
	Suhu	
	Pembacaan Sensor (°C)	Pembacaan Termometer (°C)
20 cm	28,5	28,4
40 cm	28,4	28,2
60 cm	28,2	28,0
80 cm	28,2	27,9
100 cm	28,0	27,6

Pada Tabel 2, data yang diambil adalah data berupa suhu pada kedalaman 20 cm, 40 cm, 60 cm, dan seterusnya. Pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan sensor DS18B20 yang telah terpasang pada ROV. Pada Gambar 14 dapat dilihat bagaimana cara mendapatkan data tersebut.



Gambar 14. Proses pengambilan data suhu 20°C

3.3.5 Pengujian Kamera ROV

ROV yang dibuat memiliki kemampuan untuk mengambil gambar di permukaan maupun di dalam air. Kamera yang digunakan adalah

kamera CCTV merk Dahua tipe DH-HAC-T1A21P dengan resolusi 1080p/30FPS. Kamera tersebut di pasang di dalam pipa kedap air bersama dengan komponen elektronika lainnya. Kamera CCTV ini membutuhkan perangkat lain yaitu DVR(*Digital Video Recorder*) untuk menampilkan hasil rekaman gambar.

3.3.6 Data Hasil Pengujian Kamera

Data yang diambil adalah gambar dari sebuah objek yang berada di depan ROV. Pengambilan data dilakukan di dalam air. Data uji coba pembacaan kamera ROV dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Tangkapan kamera di dalam aplikasi superviewer

4. Simpulan

Pada penelitian ini telah dibuat sebuah alat berupa robot kapal selam dengan menggunakan 4 motor dc untuk melakukan 8 jenis pergerakan di bawah air dengan hasilnya yaitu ROV dapat melakukan semua pergerakan tersebut. Dengan menggunakan driver motor BTS7960, setiap motornya dapat dikendalikan arah putar dan kecepatannya. Robot ini memiliki tujuan yaitu mengambil data berupa suhu, tekanan, dan gambar di dalam air dengan kedalaman maksimal yaitu 3 meter. Pengambilan data suhu dan tekanan dilakukan dengan menggunakan sensor suhu DS18B20 dan ditampilkan pada display LCD16x2. Sedangkan pengambilan gambar atau video dilakukan menggunakan kamera CCTV yang disambungkan dengan

laptop sebagai monitornya dengan hasil gambar yang di tangkap cukup jelas.

Daftar Pustaka

- [1] J. Souhoka and S. I. Patty, “Pemantauan Kondisi Hidrologi Dalam Kaitannya dengan Kondisi Terumbu Karang di Perairan Pulau Talise, Sulawesi Utara,” vol. 1, no. 3, pp. 138–147, 2013.
- [2] R. D. Christ and R. L. Wernli, *The ROV Manual : A User Guide For Observation-Class Remotely Operated Vehicles*, 1st ed. Burlington: Elsevier, 2007.
- [3] R. Kurniawan, “Rancang Bangun ROV (Remotely Operated Vehicle) Menggunakan Motor AC Single- Phase,” p. 84, 2017.
- [4] S. Manullang, A. P. Kindangen, and A. Setiawan, “Analisis Desain Awal Rancang Bangun Pemindai Bawah Air (Underwater) Dengan Sensor Yang Mampu,” 2017.
- [5] Y. Aldino, “Rancang Bangun Perangkat Kendali ROV Berbasis Joypad Dan Aplikasi Pemantauan Kondisi Bawah Air Berbasis Video Streaming,” p. 50, 2018.
- [6] P. Ongga, Y. Sanwaty, F. Rondonuwu Samuel, and W. Kristiyanto Hari, “Konsepsi mahasiswa tentang tekanan hidrostatis,” Fak. MIPA, Univ. Negeri Yogyakarta, pp. 181–185, 2015.
- [7] H. Firdaus, “Rancang Bangun Penggerak Pintu Pagar Geser Menggunakan 12 Volt Direct Current (DC) Power Window Gear,” *J. Media Teknol.*, 2019.
- [8] S. Nugroho, “Pembuatan Prototype Kursi Roda Elektrik Dengan Fitur Berdiri Untuk Disabilitas Di Indonesia,” Univ. Islam Indones., 2019, doi: .1037//0033-2909.I26.1.78.
- [9] R. Sagita, “Prinsip dan Konsep Dasar Hidrodinamika,” *academia*, pp. 9–25, 2019.