



Rancang Bangun Robot Observasi Bawah Air - ROV (Remotely Operated Vehicle) menggunakan Arduino UNO

Elva Susianti¹, Nanda Ardian Syahputra², Agus Urip Wibowo³, Putut Son Maria⁴

¹Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Elektronika, email: elva@pcr.ac.id

²Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Informatika, email: nanda@alumni.pcr.ac.id

³Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Informatika, email: agus.@pcr.ac.id

⁴ Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Jurusan Teknik Elektro, email: putut.son@uin-suska.ac.id

Abstrak

Kegiatan observasi dan eksplorasi di bawah permukaan air yang sangat dipengaruhi oleh faktor alam, seperti ketersediaan oksigen, kondisi fisik air seperti kekeruhan, temperatur, kecepatan aliran, tekanan air dan intensitas cahaya yang berkurang saat di bawah permukaan air. Hal-hal tersebut dapat memperbesar resiko keselamatan seorang penyelam. Pengembangan teknologi pada bidang underwater-Remotely Operated Vehicle (ROV) dapat dimanfaatkan untuk kepentingan kegiatan di atas pada kondisi yang ancaman risikonya cukup besar. Penelitian ini berjenis rancang-bangun robot ROV dimana perangkat kontroler menggunakan Arduino Uno, menggunakan tiga buah motor sebagai penggerak, dan dilengkapi modul kamera sebagai perangkat sensorik yang menghasilkan data citra dan ethernet shield sebagai perantara jalur komunikasi antara operator dengan robot. Hasil pengujian memberikan capaian bahwa robot dapat mengirimkan data citra secara lancar, kualitas citra cukup baik sampai pada jarak 30 cm antara robot terhadap benda target dan robot mampu menyelam hingga kedalaman 2.25 meter dan bermanuver secara baik pada kondisi di bawah air dan di permukaan air.

Kata kunci: *underwater ROV (Remotely Operated Vehicle), Arduino, modul kamera*

Abstract

Underwater observation and exploration are strongly influenced by natural factors, such as the oxygen level, physical conditions of the water such as turbidity, temperature, water flow velocity, water pressure and decreasing light intensity below the water surface. These things surely increase the risk of a diver's safety. Research and development on the underwater-Remotely Operated Vehicle (ROV) can be utilized for the purposes of the above activities in conditions where the risk threat is quite large. This research is an implementation of ROV robot design using Arduino Uno as controller, powered by three motors as propulsion, and equipped with a camera module as a sensory device that produces image data. An ethernet shield also be used as an intermediary for communication between the operator and the robot. Results show a promising achievement that the robot can deliver images normally, the image quality is quite good up to a distance of 30 cm between the robot and the target object and the robot is able to

dive to a depth of 2.25 meters and maneuver well in conditions under water and on the water surface.

Keywords: *underwater-ROV (Remotely Operated Vehicle), Arduino, camera module.*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara maritim, memiliki lautan 2/3 dari luas negara. Laut Indonesia juga memiliki kekayaan yang tidak ada habisnya. Terumbu karang merupakan primadona lautan yang sangat dimintai oleh mancanegara. Kelestariannya perlu dijaga dengan perlindungan ekosistem. Kondisi terumbu karang dimonitor secara berkala dan berkelanjutan. Keadaan lingkungan dibawah air jelas berbeda sekali dengan didarat, dimana waktu dan oksigen tidak terbatas saat didarat, tetapi saat dibawah air waktu penyelaman dan oksigen sangat terbatas. Waktu penyelaman sangat ditentukan berapa dalam seseorang penyelam menyelam [1].

Peran manusia yang biasa melakukan observasi bawah air memiliki kelemahan, yaitu oksigen yang digunakan yang terbatas dan penyelam tidak dapat menyelam lebih dari 50 m karena tekanan yang sangat tinggi di bawah air [2], belum lagi serangan hewan air yang dapat membahayakan keselamatan manusia ketika menyelam dalam laut. Sehingga sebuah inovasi dalam bidang teknologi diperlukan untuk dieksplorasi. Salah satu teknologi tersebut adalah "Rancang Bangun Robot bawah air berbasis ROV (Remotely Operated Vehicle)".

Monitoring secara berkala sudah dilakukan oleh [2] dengan membuat purwarupa kapal selam yang bisa bergerak horizontal dengan kedalaman konstan. Subsistem yang dibuat adalah sistem gerak robot Kapal Selam dengan menerapkan pengontrol PD (Proportional – Derivative) dengan menggunakan sensor tiltmeter ADXL202 dan sensor tekanan MPX5100DP sebagai perangkat masukannya. Purwarupa ini dikontrol menggunakan ATmega 32. Dengan kombinasi kontrol, robot dapat bermanuver di dalam air dengan waktu tempuh 01.04.49 menit. Perancangan pergerakan robot bawah air berupa simulasi sudah di buat oleh [3]. Peneliti melakukan eksperimen dengan cara mensimulasikan model matematika robot bawah air yang telah dibahas di atas. Perangkat lunak yang digunakan MATLAB Versi 6.5 Release 13. Penelitian ini masih berupa simulasi dan belum dapat dilihat hasil realisasinya.

Peneliti terdahulu [4] membangun suatu robot bawah air dengan menggunakan navigasi untuk melakukan pergerakan. Peneliti menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai pengendali. Kompas magnetik sebagai sensor posisi pada robot. Kontrol pergerakan robot menggunakan navigasi dengan menggunakan kabel untuk memberikan instruksi pada robot. Hasil pengujian adalah perubahan pada sistem navigasi robot saat didalam air dan pengujian pembacaan sensor posisi. Pada penelitian ini, peneliti masih menggunakan mikrokontroler AT89S51 dengan fitur yang masih kurang, rangka terbuat dari pipa dan kontrol menggunakan bush button.

Peneliti [5] membangun robot bawah air dengan menggunakan mikrokontroler Atmega16 sebagi pengendali utama. Peneliti menggunakan sistem pencahayaan sebagai penerangan saat di bawah air. Kontrol pergerakan robot menggunakan joystick yang terhubung secara langsung pada mikrokontroler. Hasil pengujian adalah pengujian gerak robot dalam air dan pengujian sistem pemantau. Robot ini masih menggunakan Pipa PVC sebagai rangka dan Joystick sebagai konsol kendali.

Penelitian [6] membangun robot bawah air kategori ROV dengan menggunakan *remote control* agar dapat dikendalikan. Sistem kontrol pada robot menggunakan ATmega128 sebagai kontrol utama pada robot. Pada robot ini tidak ada sensor dan menggunakan pipa PVC sebagai rangka robot. Kendali arah menggunakan *remote control*.

Robot bawah air atau *Remotely Underwater Vehicle (ROV)* telah di buat oleh [7] dengan Mikrokontroller Arduino Mega 2560. Robot ini dirancang untuk monitoring bawah air tawar menggunakan kamera gopro dan dikontrol dengan joystick PS2. Robot dapat menyelam sampai kedalaman 70 cm selama 3,5 detik. Robot ini digerakkan oleh 3 (tiga) motor *brushless* dan body robot dari pipa PVC.

Peneliti [8] juga sudah membuat ROV yang disebut dengan nama AMOBA. Peneliti menggunakan 8 (delapan) buah pompa serta menggunakan IP Camera yang dapat dikendalikan

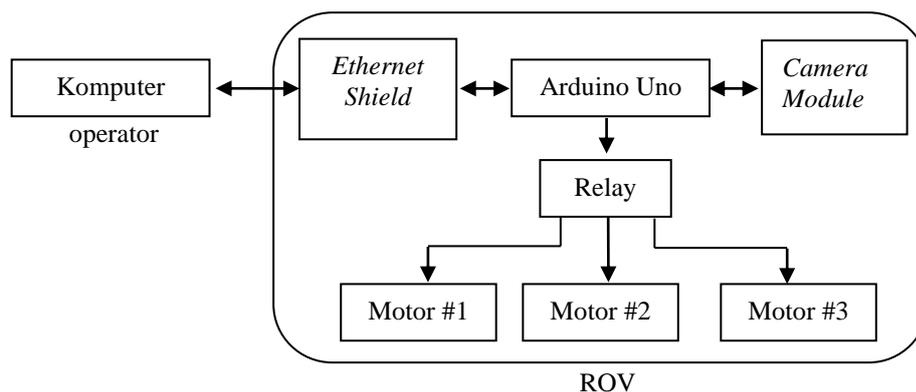
untuk menangkap visual di bawah air dan dapat berputar hingga 120°. Kecepatan robot yang dihasilkan adalah 21,5 cm/detik dengan bobot robot 23 kg. Kecepatan robot tergolong lambat, karena bobot robot yang sangat berat. Kedalaman yang bisa di tempuh robot hingga 3 m. Untuk jarak tempuh yang lebih jauh, dibutuhkan motor dan propeler yang lebih besar sehingga dapat menghasilkan daya dorong yang lebih kuat.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, penulis merancang sebuah robot bawah air atau *Remotely Underwater Vehicle (ROV)* menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Arduino Uno digunakan sebagai penerus perintah dari operator untuk menggerakkan motor pendorong dan pengirim data berupa citra dari kamera ke antarmuka program kendali. Kamera yang digunakan adalah webcam yang ke PC atau laptop. Berbeda dengan robot ROV yang sudah dikembangkan peneliti lain, pada penelitian ini rangka robot dibuat menggunakan acrylic untuk memudahkan robot bermanuver di dalam air. Perbedaan lainnya adalah bahwa jumlah motor yang digunakan lebih sedikit sehingga bobot robot lebih ringan. Sistem kendali robot mengadopsi tombol kontrol dari joystick. Program antarmuka sebagai panel kontrol di komputer ditulis menggunakan bahasa program Visual Basic. Penelitian ini ditetapkan sebagai fase satu dari rangkaian pengembangan robot ROV dimana jalur komunikasinya masih menggunakan kabel yang terhubung antara robot dan kontroler. Pada penelitian selanjutnya akan di kembangkan jalur kontrol secara nirkabel(*wireless*).

2. Metode Penelitian

2.1 Blok Diagram Sistem

Gambar 1 menunjukkan blok diagram sistem robot ROV secara keseluruhan. Perangkat kontroler menggunakan satu Arduino Uno R3, ditambah dengan modul kamera dan *ethernet shield*. Arduino bertugas untuk memberikan sinyal ke aktuator sesuai perintah operator dan meneruskan data berupa citra dari modul kamera menuju komputer melalui *ethernet shield*. Komunikasi antara komputer(operator) dan robot ROV menggunakan perangkat *ethernet shield* karena mampu menangani pengiriman data pada kecepatan tinggi seperti *streaming* data citra. Penggerak robot berupa motor di sisi kiri dan kanan serta satu di bagian bawah. Penelitian ini terhitung sebagai fase satu, dimana jalur sinyal antara operator dengan robot ROV masih menggunakan kabel.

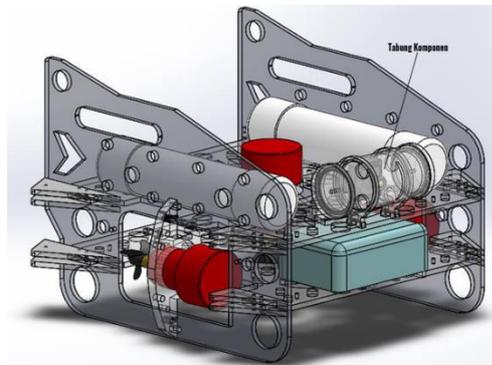


Gambar 1 Blok Diagram Sistem Robot ROV

2.2 Perancangan Mekanik

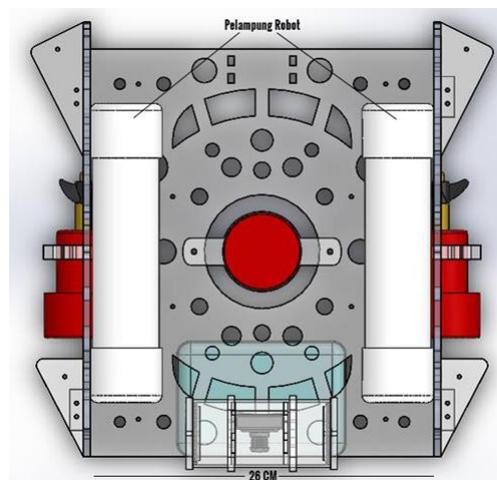
Dimensi robot ROV ditetapkan dengan ukuran lebar depan 28cm, panjang belakang 32 cm dan tinggi 25 cm. Badan atau rangka robot menggunakan bahan akrilik dengan tebal 3 mm. Perangkat dan komponen elektronika ditempatkan pada wadah khusus yang dilapisi lilin agar kedap air untuk meminimalkan resiko kerusakan akibat masuknya air.

Gambar 2 menunjukkan tampilan isometrik robot. Penempatan motor penggerak diposisikan berada di area yang dikelilingi oleh rangka bagian samping untuk meminimalkan resiko motor macet akibat terilit benda lentur panjang seperti rumput bawah air, tali pancing, sampah plastik dan sebagainya.



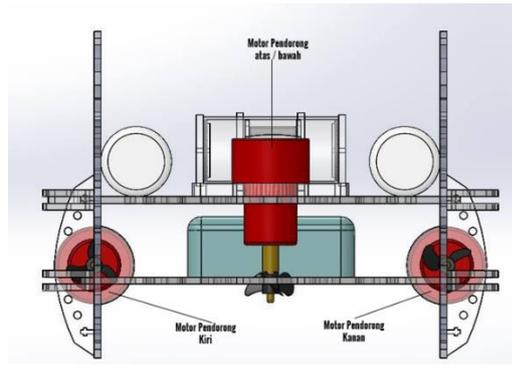
Gambar 2 Gambar Isometrik Robot ROV

Selain memiliki kemampuan untuk menyelam, sebuah robot ROV juga harus dapat melakukan manuver di permukaan air. Pada rancangan ini robot dilengkapi tabung yang terbuat dari *polyvinyl chloride*(PVC) yang berfungsi sebagai *ballast*. Pipa PVC dipilih karena terbuat dari bahan yang ringan dan mampu menampung udara dengan volume yang mencukupi untuk robot agar dapat mengapung. Gambar 3 menunjukkan tampak atas robot ROV, penempatan tabung *ballast* diposisikan di sisi kiri dan kanan agar horizon robot seimbang.



Gambar 3 Robot ROV tampak atas

Robot ROV dibangun menggunakan tiga buah motor penggerak. Motor di sisi kiri dan kanan bertugas mengatur gerakan robot pada bidang XY atau secara *panning*, satu motor di posisi tengah robot bertugas mengatur gaya selam robot(*bouyancy*) agar mampu melakukan manuver selam atau mengapung. Secara teknis maka posisi robot pada bidang XZ akan terlihat bergerak naik atau turun(*pedestal*) relatif terhadap permukaan air. Gambar 4 menunjukkan posisi penempatan motor penggerak dari robot. Propeller untuk motor di posisi tengah diatur sedemikian rupa sehingga tugas manuver robot saat akan menyelam atau mengapung dapat tercapai dengan daya motor yang digunakan.

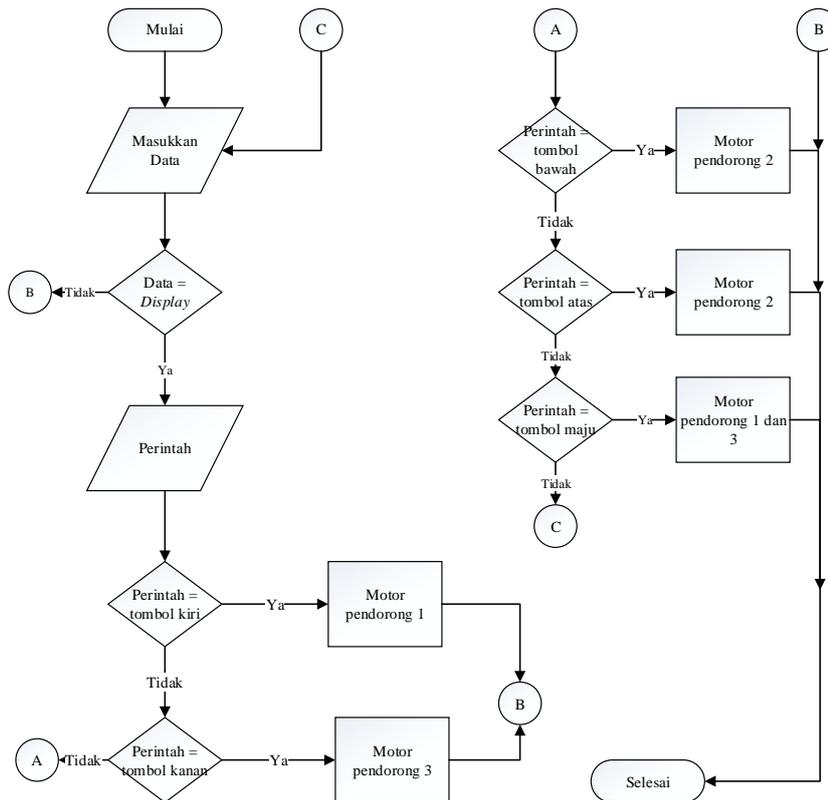


Gambar 4. Posisi peletakan Motor penggerak

2.3 Perancangan perangkat lunak

2.3.1 Flowchart pergerakan robot

Gambar 5 menampilkan diagram alir pergerakan robot ketika di bawah permukaan air. Setiap menyelesaikan satu gerakan, maka akan dilakukan perbandingan dengan data pada antarmuka panel kendali yang tampil di layar komputer.

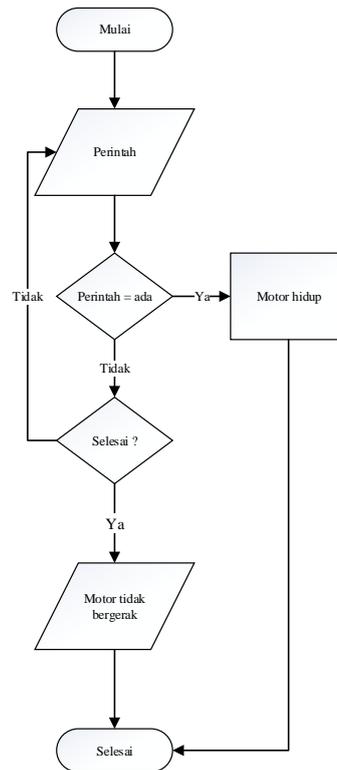


Gambar 5 Flowchart pergerakan robot di bawah air

Untuk pergerakan robot di bawah air, tiga motor yang ada akan bekerja bersama-sama. Untuk pergerakan robot ke kiri, maka motor pendorong 1 akan aktif. Untuk gerakan robot kekanan, maka motor pendorong 3 yang aktif. Sedangkan untuk gerakan manuver maju, maka motor 1 dan 3 akan aktif bersamaan. Untuk gerakan manuver vertikal ke bawah (*diving*), motor 2 (tengah)

akan aktif. Sedangkan untuk gerakan mengapung, semua motor akan mati dan menunggu perintah selanjutnya.

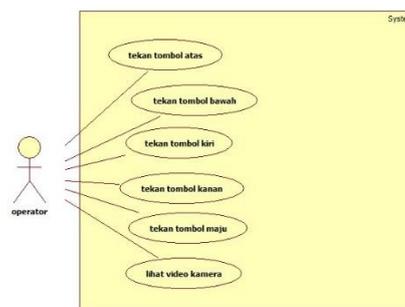
Untuk gerakan robot pada saat mengapung di permukaan air, motor penggerak yang dominan adalah motor 1 dan 3 karena daya apung robot akan diambil alih oleh tabung *ballast* sehingga diagram alir untuk kendali robot dapat disederhanakan seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Pada saat robot mengapung, maka motor 2 dikondisikan dalam keadaan tidak aktif.



Gambar 6 Flowchart pergerakan robot di permukaan air

2.3.2 Use Case Diagram

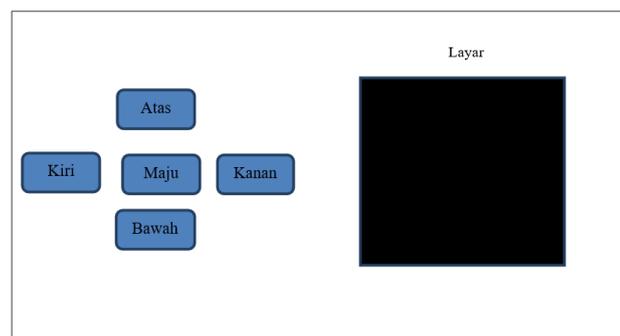
Gambar 7 adalah perancangan *Use Case Skenario*. Perancangan *Use Case Skenario* ini akan menjelaskan cara kerja pengguna dan sistem. Berikut penjelasan setiap *use case*.



Gambar 7 Use case Diagram

1. Nama *Use Case*: Tekan tombol atas
 Aktor : Operator
 Pre kondisi : Operator menekan tombol atas
 Post kondisi : Aplikasi VB mengirimkan perintah ke Arduino menggunakan komunikasi serial untuk mematikan motor pendorong 2.
2. Nama *Use Case*: Tekan tombol bawah
 Aktor : Operator
 Pre kondisi : Operator menekan tombol bawah
 Post kondisi : Aplikasi VB mengirimkan perintah ke Arduino menggunakan komunikasi serial untuk menghidupkan motor pendorong 2.
3. Nama *Use Case*: Tekan tombol kiri
 Aktor : Operator
 Pre kondisi : Operator menekan tombol kiri
 Post kondisi : Aplikasi VB mengirimkan perintah ke Arduino menggunakan komunikasi serial untuk menghidupkan motor pendorong 1
4. Nama *Use Case* : Tekan tombol kanan
 Aktor : Operator
 Pre kondisi : Operator menekan tombol kanan
 Post kondisi : Aplikasi VB mengirimkan perintah ke Arduino menggunakan komunikasi serial untuk menghidupkan motor pendorong 3
5. Nama *Use Case*: Tekan tombol maju
 Aktor : Operator
 Pre kondisi : Operator menekan tombol maju
 Post kondisi : Aplikasi VB mengirimkan perintah ke Arduino menggunakan komunikasi serial untuk menghidupkan motor pendorong 1 dan 3
6. Nama *Use Case* : lihat video kamera
 Aktor : Operator
 Pre kondisi : Operator melihat video dari kamera pada robot
 Post kondisi : Aplikasi VB menampilkan video dari kamera pada robot secara langsung

Gambar 8 menunjukkan rancangan tampilan visual pada layar monitor komputer. Terdapat 5 (lima) tombol perintah (atas, kiri, kanan, bawah, maju) dan satu layar monitor yang akan menampilkan citra dari kamera pada robot. Operator memberikan perintah ke robot dengan cara meng-klik tombol yang tertampil dan citra yang ditangkap oleh robot dapat diamati pada bagian Layar di panel antarmuka tersebut.

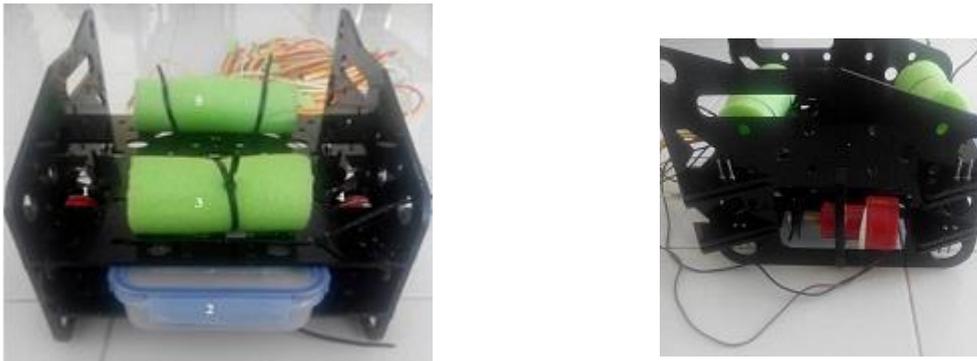


Gambar 8 Rancangan tampilan pada Komputer

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil perancangan

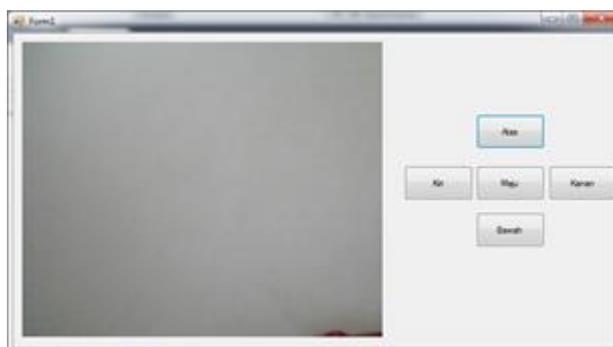
Hasil perakitan robot ditunjukkan seperti pada Gambar 9. Rangka robot terbuat dari bahan acrylic dengan dimensi panjang 32 cm, tinggi 25 cm dan lebar 25 cm. Robot memiliki berat keseluruhan 3 kg dan panjang kabel pada robot 15 m.



Gambar 9 Robot ROV tampak depan dan samping

Tampilan antarmuka program aplikasi antara operator dengan robot ditunjukkan seperti pada Gambar 10. Pada penelitian ini sengaja mengembangkan program aplikasi berbasis komputer *desktop* dengan pertimbangan bahwa program aplikasi dapat dijalankan pada laptop untuk alasan kepraktisan dan keamanan saat pengujian robot. Pada aplikasi terdapat beberapa fitur berikut :

1. Kamera yang akan menampilkan video secara langsung yang terpasang pada robot.
2. Tombol kiri yang digunakan untuk menghidupkan motor kiri
3. Tombol kanan yang digunakan untuk menghidupkan motor kanan
4. Tombol bawah yang digunakan untuk menghidupkan motor bawah
5. Tombol atas yang digunakan untuk menghidupkan motor atas
6. Tombol maju yang digunakan untuk menghidupkan motor kiri dan kanan



Gambar 10 Aplikasi kendali robot berbasis komputer

3.2 Pengujian dan analisa

Pengujian robot dilakukan di kolam renang dengan kedalaman 3 meter. Parameter kinerja robot yang diuji meliputi kemampuan maksimum menyelam, kemampuan jelajah di bawah permukaan air dan saat mengapung, kemampuan melakukan manuver kiri-kanan dan kemampuan mengirimkan citra kepada komputer operator. Tabel 1, 2 dan 3 berturut-turut menunjukkan data

capaian robot terhadap parameter kinerja di atas. Kemampuan robot dalam menyelam tercatat sebesar 2.25 meter dan konsisten dari ketiga tabel tersebut. Hal ini berarti bahwa kemampuan maksimum robot menyelam maksimum sampai kedalaman tersebut. Hal ini relevan dengan kondisi dimana daya motor penggerak yang digunakan pada robot ini memang tidak terlalu besar, sehingga tekanan air dan gaya apung dari tabung ballast hanya mampu dikonter sampai kedalaman 2.25 meter. Pengujian dengan beberapa variasi jarak tempuh mencatatkan hasil yang konsisten baik untuk kondisi menyelam dan mengapung. Kecepatan rata-rata robot tercatat sebesar 0.67 meter/detik ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Namun demikian waktu tempuh pada Tabel 3 ternyata kecepatan robot berkurang karena kondisi battery yang kurang potensial.

Tabel 1. Gerakan robot percobaan pertama

Tombol	Durasi (Detik)	Jarak	Arah	Status Motor		
				1	2	3
Kanan	5.05	-	kiri 360°	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>
Kiri	5.86	-	kanan 360°	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
Maju	4.47	3 m	Maju	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
Bawah	11.76	2.25 m	Bawah	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
Atas	16.79	2.25 m	Atas	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>

Tabel 2. Gerakan robot percobaan kedua

Tombol	Durasi (Detik)	Jarak	Arah	Status Motor		
				1	2	3
Kanan	5.29	-	Kiri 360°	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>
Kiri	4.49	-	Kanan 360°	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
Maju	9.20	6 m	Maju	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
Bawah	13.68	2.25 m	Bawah	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
Atas	29.90	2.25 m	Atas	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>

Tabel 3. Gerakan robot percobaan ketiga

Tombol	Durasi (Detik)	Jarak	Arah	Status Motor		
				1	2	3
Kanan	10.18	-	Kiri 360°	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>
Kiri	10.64	-	Kanan 360°	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
Maju	27.47	9 m	Maju	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
Bawah	23.42	2.25 m	Bawah	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
Atas	39.75	2.25 m	Atas	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>

Pengiriman perintah atau data dari operator melalui jalur kabel seharusnya memiliki tunda waktu yang minimum, namun demikian mekanisme pengolahan mulai dari saat operator menekan tombol pada antarmuka hingga robot melakukan gerakan sesuai perintah memerlukan proses penterjemahan baik oleh compiler Visual Basic dan juga Arduino. Pada penelitian ini juga mencatat durasi waktu pengiriman perintah dari komputer ke robot untuk mengetahui seberapa besar pengaruh tunda waktu pada jalur kabel. Tabel 4 menunjukkan catatan waktu mulai dari saat operator menekan tombol hingga diaktualisasikan menjadi gerakan oleh robot. Tunda waktu yang muncul pada sistem kendali robot ternyata tercatat hanya menunjukkan orde milidetik dimana terhitung sebagai selisih waktu yang sangat kecil untuk sistem robot ROV.

Tabel 4. Respon pengiriman data VB ke Arduino melalui jaringan kabel

Tombol asal	Waktu Delay (ms)
Kanan	141.44
Kiri	146.205
Bawah	121.047
Atas	61.935
Maju	232.752

Kemampuan robot untuk mengirimkan citra merupakan nilai krusial pada sebuah robot ROV. Pada penelitian ini, pengujian kualitas citra dilakukan dengan cara meletakkan benda pada posisi jarak bervariasi terhadap kamera robot. Gambar 11 menunjukkan tampilan pada layar antarmuka operator pada kondisi benda berjarak 30 cm terhadap kamera robot. Kualitas citra terlihat masih cukup dapat dikenali secara visual. Namun pada kondisi jarak yang lebih jauh, maka pengenalan terhadap citra menjadi buruk dan operator sulit mempersepsikan citra dari robot. Variasi jarak benda terhadap kamera robot ditunjukkan seperti pada Tabel 5. Kualitas citra yang dihasilkan robot dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti intensitas cahaya, pembiasan cahaya, kadar kekeruhan air dan jarak obyek terhadap kamera robot. Pada penelitian ini robot tidak dilengkapi dengan sumber cahaya sebagai *spot light*, sehingga kualitas citra yang dihasilkan hanya akan bagus pada kondisi yang sangat terbatas.

**Gambar 11. Tampilan aplikasi kendali dengan jarak benda 30 cm****Tabel 5. Hasil pengujian kamera**

Jarak	Hasil	Kualitas
25 cm	Berhasil	Baik
30 cm	Berhasil	Lumayan baik
40 cm	Berhasil	Kurang baik

4. Kesimpulan

Setelah melakukan serangkaian pengujian dan analisa terhadap maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan kabel sebagai jalur kontrol antara operator dengan robot ROV, dengan menggunakan aplikasi yang dibangun menggunakan Visual Basic ternyata cukup dapat diandalkan.
2. Kemampuan robot ROV untuk menyelam terlebih dominan dipengaruhi oleh rasio daya motor penggerak untuk manuver naik-turun dan volume tabung *ballast*.
3. Kualitas citra dalam hal kejelasan citra yang dihasilkan oleh robot ROV sangat dipengaruhi oleh spesifikasi kamera dan kecukupan intensitas cahaya pada saat kamera merekam obyek terlihat.

5. Daftar Pustaka

- [1] Soflan, H. O. (2011). Balai Arkeologi Palembang. Underwater Archeologi Issues In Indonesia
- [2] A. Adriansyah, “Perancangan Pergerakan Robot Bawah Air,” *Semin. Nas. Inform.*, vol. 2008, no. semnasIF, pp. 121–129, 2008.
- [3] F. N. Nurisma, “Purwarupa Robot Kapal Selam Menggunakan Kontrol PD Berbasis Mikrokontroler Atmega32,” *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 61–70, 2013, doi: 10.22146/ijeis.3839.
- [4] M. N. Fauzi, “Sistem Navigasi Pada Wahana Bawah Air Navigation System on the Underwater Robot,” *ResearchGate*, 2009.
- [5] M. A. H. Koli, E. D. Marindani, and A. Hartoyo, “Rancang Bangun Robot Bawah Air Mini ROV (Remotely Operated Vehicles) Berbasis Mikrokontroler ATmega16,” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2015.
- [6] Anshori, S. (2015). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Malang. Rancang Bangun Robot Bawah Air Berbasis Remote Control Menggunakan ATmega128.
- [7] M. Santo Gitakarma, “Alat Bantu Survey Bawah Air Menggunakan Amoba, Robot Berbasis ROV,” *JST (Jurnal Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, 2015, doi: 10.23887/jst-undiksha.v3i2.4476.
- [8] M. fathur Wijaya, “Robot ROV Underwater berbasis mikrokontroler,” *Autocracy J. otomasi, Kendali dan Apl. Ind.*, vol. Vo 3 No. 2, 2016.