

Rancang Bangun *Double Hull Unmanned Surface Vehicle* dengan Pengiriman Data Melalui LoRa

M. Daffa El-Khaq

Politeknik Pelayaran Surabaya

Diana Alia

Politeknik Pelayaran Surabaya

Diyah Purwitasari

Politeknik Pelayaran Surabaya

Korespondensi penulis: akudaffael@gmail.com

Abstract: *In the era of maritime technology, Unmanned Surface Vehicles (USVs) are becoming the main vehicles on the water surface, controlled from land and capable of transmitting live data. USVs have a wide range of survey and exploration applications, relying on hydrographic knowledge for accurate mapping. USV development has adopted a double hull design, improving stability and wave resistance. Survey data transmission requires advanced technology, with Long Range (LoRa) technology being the solution for long distance data transmission with low power consumption. LoRa utilisation is expected to increase the efficiency of USVs in hydrographic surveys. The research and development (R&D) research method is used as the main approach in this research with the aim of creating and developing USVs that can increase efficiency in hydrographic surveys. The USV is equipped with an RPM sensor and flowmeter used to monitor the movement control of the USV in the waters. In addition, a depth detector is used to monitor the topography of the seabed. In order for this USV to run using a remote control that is controlled from land. The USV drive consists of a BLDC motor connected to the propeller and a servo motor connected to the ship's rudder. Furthermore, the data taken from the sensor is sent via LoRa to be delivered to the ground station. From the USV test results, it was found that the data transmission range with LoRa Ra-02 under Line of sight (LOS) conditions was 340 metres while under Non Light of sight (NLOS) conditions it was around 200 metres. The average speed travelled by USV is 0.616 km/hour in operational survey conditions and can be faster in non-operational survey conditions. The error value of the RPM sensor is obtained at 1.604% with a reading accuracy of 98.936%.*

Keywords: *USV, Hydrographic Survey, Double Hull, LoRa, Efficiency*

Abstrak: Dalam era teknologi maritim, *Unmanned Surface Vehicle* (USV) menjadi kendaraan utama di permukaan air, dikendalikan dari darat dan mampu mengirimkan data langsung. USV memiliki beragam aplikasi survei dan eksplorasi, bergantung pada pengetahuan hidrografi untuk pemetaan yang akurat. Pengembangan USV telah mengadopsi desain lambung ganda (*double hull*), meningkatkan stabilitas dan daya tahan terhadap gelombang. Pengiriman data survei membutuhkan teknologi canggih, dengan teknologi Long Range (LoRa) menjadi solusi untuk transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Pemanfaatan LoRa diharapkan dapat meningkatkan efisiensi USV dalam survei hidrografi. Metode penelitian *research and development* (R&D) digunakan sebagai pendekatan utama dalam penelitian ini dengan tujuan menciptakan dan mengembangkan USV yang dapat meningkatkan efisiensi dalam survei hidrografi. USV ini dilengkapi dengan sensor RPM dan *flowmeter* yang digunakan untuk memantau kontrol pergerakan USV di perairan. Selain itu, alat pendeteksi kedalaman digunakan untuk memantau keadaan topografi dasar laut. Agar USV ini berjalan menggunakan remot kontrol yang dikendalikan dari darat. Penggerak USV ini terdiri dari Motor BLDC yang dihubungkan ke *propeller* dan motor servo yang dihubungkan ke *rudder* kapal. Selanjutnya, data yang diambil dari sensor dikirimkan melalui LoRa untuk disampaikan ke stasiun darat. Dari hasil pengujian USV didapatkan bahwa jarak jangkauan pengiriman data dengan LoRa Ra-02 dalam kondisi Line of sight (LOS) sejauh 340 meter sedangkan dalam kondisi Non Light of sight (NLOS) sekitar 200 meter. Kecepatan rata-rata ditempuh USV sebesar 0,616 km/jam dalam keadaan operasional survei dan dapat lebih cepat dalam kondisi non operasional survei. Nilai error sensor RPM diperoleh sebesar 1,604% dengan akurasi pembacaan sebesar 98,936%.

Kata kunci: USV, Survei Hidrografi, Lambung Ganda, LoRa, Efisiensi

PENDAHULUAN

Dalam era kemajuan teknologi informasi dan perkembangan industri kelautan, *Unmanned Surface Vehicle* (USV) atau yang dikenal kapal tanpa awak adalah kendaraan tanpa awak yang beroperasi di permukaan air. Kapal ini dikendalikan otomatis dari darat. Kapal ini juga bisa mengirim data secara langsung ke stasiun kontrol.

USV memiliki banyak potensi dalam berbagai aplikasi kegiatan survei maritim dan eksplorasi bawah laut, seperti survei maritim, pemetaan bawah laut, monitoring lingkungan, dan patroli keamanan. Survei maritim atau hidrografi merupakan disiplin ilmu yang berkaitan dengan pengukuran dan penjelasan parameter-parameter yang diperlukan untuk menggambarkan dengan akurat sifat-sifat dasar laut, hubungannya dengan daratan, dan juga karakteristik serta dinamika lautan.

Menurut *International Hydrographic Organization* atau *IHO* (2014) dalam Afika, N (2021) Hidrografi adalah cabang ilmu terapan yang berhubungan dengan pengukuran dan deskripsi sifat fisik samudera, laut, pantai, danau, dan sungai, serta memprediksi perubahannya seiring berjalannya waktu dengan tujuan utama memastikan keselamatan navigasi dan mendukung semua hal kegiatan maritim, termasuk pembangunan ekonomi, keamanan dan pertahanan, penelitian ilmiah dan perlindungan lingkungan. Pengetahuan tentang hidrografi sangat penting untuk pengoperasian USV, terutama untuk pemetaan yang akurat dalam misi survei maritim.

Umumnya USV memiliki lambung tunggal atau *single hull* karena cocok untuk USV kecil dan ringan yang beroperasi pada di perairan tenang. Hal ini dapat mengakibatkan persoalan apabila USV digunakan pada perairan lepas atau berombak. Seiring dengan berjalan waktu di kembangkan USV dengan *double hull* atau memiliki lambung ganda yang menawarkan beberapa keuntungan dibandingkan desain *single hull*, seperti stabilitas yang lebih tinggi, daya tahan yang lebih baik, dan ruang internal yang lebih besar untuk menampung peralatan.

Selain itu pengiriman data survei hidrografi seperti data kedalaman, putaran RPM, dan kecepatan memerlukan teknologi yang mumpuni untuk memonitoring secara *realtime* data tersebut ke stasiun darat. Teknologi *Long Range* (LoRa) telah muncul sebagai solusi alternatif yang menarik untuk sistem pengiriman data USV. LoRa adalah teknologi komunikasi nirkabel yang memungkinkan transmisi data dalam jarak yang sangat jauh dengan konsumsi daya yang rendah serta dengan harga yang terjangkau.

Oleh karena itu diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk mengoptimalkan penggunaan kendaraan tanpa awak yang memiliki potensi besar dalam bidang survei ini dengan

memperlengkapinya menggunakan teknologi LoRa. Peneliti berharap pemanfaatan LoRa ini dapat di implementasikan secara maksimal pada *unmanned survey vehicle*.

TINJAUAN PUSTAKA

Unmanned Surface Vehicle (USV)

Menurut pendapat dari Andriansyah & Nurhasanah (2023:479) kapal *Unmanned Surface Vehicle (USV)* adalah kapal yang dapat beroperasi tanpa awak manusia di atas kapal tersebut dan dikendalikan dari jarak jauh menggunakan kontrol jarak jauh yang sudah diprogram sebelumnya. Menurut Dabit dkk. (2020:74) *Unmanned Surface Vehicle (USV)* dapat digunakan untuk berbagai jenis tugas dalam bidang aplikasi yang berbeda seperti alat pengawasan pantai, keamanan pelabuhan dan perbatasan, otonom pencarian, sinyal transmisi antara udara dan kendaraan bawah air, dan perlindungan kapal selam.



Gambar 1 *Unmanned Surface Vehicle (USV)*
Sumber: <https://www.oceanalpha.com> (2023)

USV dapat berupa kapal atau perahu dengan berbagai ukuran dan kapasitas beban. Untuk membuatnya lebih mandiri dan akurat, mereka dapat dilengkapi dengan berbagai sensor, perangkat lunak kendali, dan sistem navigasi. Contoh kapal USV dapat dilihat pada gambar 2.1 diatas.

Aplikasi USV mencakup berbagai bidang, seperti survei dan penelitian lingkungan laut, pengawasan maritim, patroli keamanan maritim, pengangkutan barang atau peralatan di laut lepas, dan operasi militer, dan banyak bidang lainnya. Manfaat utama USV adalah pengurangan risiko bagi orang-orang dalam situasi berbahaya dan lingkungan berisiko tinggi, serta peningkatan efisiensi dan produktivitas di berbagai misi dan aplikasi kelautan.

Survei Hidrografi

Djunarsjah & Poerbandono (2005) menguraikan bahwa kegiatan terpenting dalam menghasilkan informasi hidrografi adalah survei hidrografi, yang mencakup penentuan posisi laut dan penggunaan sistem referensi, pengukuran kedalaman, pengukuran arus, pengukuran sedimen, pengamatan pasut, pengukuran detail situasi, dan pengukuran garis pantai. Data dihasilkan dari kegiatan ini dapat diakses untuk informasi dalam bentuk peta dan non-peta, serta disimpan dalam basis data kelautan.

Hidayat dkk. (2014:202) memaparkan bahwa pemeruman adalah suatu proses dan kegiatan yang bertujuan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar laut (*seabed surface*). Proses merepresentasikan dasar laut tersebut (mulai pengukuran,

memprosesan hingga visualisasi) disebut survei batimetri. Membuat model batimetri (kontur kedalaman) dengan melakukan interpolasi titik-titik pengukuran kedalaman sesuai skala model yang akan dibuat.

Arduino Uno

Menurut Zanofo dkk. (2020) menjelaskan bahwa Arduino UNO R3 adalah varian arduino uno yang pertama kali dirilis pada tahun 2011. R3 menunjukkan versi ketiga. Mikrokontroler yang digunakan adalah Atmega328, yang dibuat oleh Atmel dan memiliki 8 bit.

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang menggunakan basis ATmega 328P. Dilengkapi dengan 14 input/output digital, di mana 6 pin dapat diatur sebagai output PWM, 6 input analog, osilator kristal 16 MHz, port USB, *jack* daya, header ICSP, dan tombol reset.

Bagian ini memiliki peran krusial dalam mendukung fungsi mikrokontroler. Sebagai contoh, koneksi arduino ke komputer menggunakan kabel USB atau memberikan daya melalui adaptor AC ke DC atau baterai untuk menginisiasi proses.

Perbedaan utamanya terletak pada penggunaan chip FTDI yang tidak digunakan lagi; sebaliknya, arduino uno kini menggunakan Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter *USB-to-serial*. Perubahan ini membantu dalam instalasi perangkat lunak Arduino.

Dalam pembuatan sistem pemrosesan alatnya, arduino uno digunakan, dengan spesifikasinya termasuk 14 pin I/O digital yang dapat diatur sebagai input atau output (dengan 6 pin yang mendukung PWM) dan 6 input analog. Arduino uno umumnya beroperasi pada tegangan 5 volt, dengan arus maksimum 50 mA untuk semua pin. Papan ini juga dilengkapi dengan osilator kristal 16 MHz, konektor USB, *jack adaptor*, dan tombol reset. Visualisasi Arduino Uno tersedia dalam gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Arduino Uno
Sumber: Dokumen Pribadi (2023)

Long Range (LoRa) SX 1278

Anthony & Jacksen (2018) memaparkan untuk LoRa berfungsi dengan baik, baterai hanya diperlukan sebagai sumber utama. Penerapan LoRa pada objek-objek ini menjadi sangat sederhana karena tidak memerlukan pemasangan yang rumit. Hal ini membuat proses pembuatan sistem yang berbasis *Internet of Things* menjadi lebih mudah bagi siapa pun yang ingin melakukannya. Ilustrasi LoRa dapat ditemukan pada gambar 3 yang terletak di bawah ini.



Gambar 3 LoRa SX1278

Sumber: <https://www.sparkfun.com/> (2023)

Hudiono dkk. (2020) menerangkan bahwa LoRa SX1278 bekerja pada frekuensi 433 MHz, fitur LoRaTM yang menyediakan jangkauan sangat jauh adalah penyebaran spektrum komunikasi yang melindungi terhadap gangguan (*noise*) termasuk meminimalkan daya konsumsi. Menggunakan teknik modulasi LoRaTM yang dipatenkan oleh Semtech SX1278 dapat mencapai sensitivitas hingga -148 dBm. Spesifikasi LoRa SX 1278 ditampilkan dalam gambar 4 sebagai berikut:

Parameters	Specification
Operating voltage	DC 1.8 V – 3.7 V
Frequency range	137 - 525 MHz
RF Input Level	+10 dBm
Modulation	FSK/OOK/LoRa™/GMSK/MSK
Bandwidth	7.8 – 500 kHz
Effektive bit rate	0.018 – 31.5 kbps
Receiver sensitivity	-111 dBm to -148 dBm
Operating Temperature	-40 °C to +85 °C
RF Output Power	+20 dBm
Range	3 – 5 Km
Dimension	20.5x 15.5 x 2.0 mm

Gambar 4 Spesifikasi LoRa SX 1278

Sumber: www.researchgate.net (2023)

Depper Sonar PRO+

Perangkat pemantauan bawah air Depper Sonar Pro+ menggunakan teknologi sonar untuk mengambil gambar dan informasi tentang struktur dasar perairan, lokasi ikan, dan kondisi lingkungan di bawah permukaan air. Umumnya, alat ini dimanfaatkan oleh para pemancing untuk mengidentifikasi lokasi ikan dan memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang situasi di bawah permukaan air. Untuk melihat contoh Depper Sonar Pro+, silahkan merujuk ke gambar 5.



Gambar 5 Depper Sonar Pro+

Sumber: Dokumen Pribadi (2023)

Remot Kontrol (RC)

Remote control adalah perangkat kendali jarak jauh yang digunakan untuk mengendalikan berbagai jenis model kendaraan, termasuk kendaraan RC (*Radio Control*), mobil RC, kapal RC, dan pesawat RC. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan RC dengan merek RadioLink dengan tipe RC4GS V3. Spesifikasi dan gambar dari RC merek RadioLink dengan tipe RC4GS dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 6 sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi RadioLink RC4GS V3

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Nama Produk	RadioLink RC4GS V3
2	Spek	GR3C
3	Jumlah Channel	5
4	Rentang RF	2,4 GHz
5	Fitur <i>failsafe</i>	ada
6	<i>Power Transmitter</i>	4.8 - 15.0 VDC
7	<i>Power Receiver</i>	3.3 – 10,0 VDC
8	<i>RF Power</i>	< 20 dbm
9	Kontrol Jarak	> 400 Meter tanah (tanpa gangguan)
10	<i>Power Transmitter</i>	12 VDC
11	Low Voltage Alert	Ya (< 4.6 V)
12	Ukuran Remote Control	21.3 x 11.7 x 11.5 cm

Sumber: www.Tokopedia.com (2023)



Gambar 6. RC Radiolink RC4GS V3
Sumber: Dokumen Pribadi (2023)

Sensor GY 511

GY-511, yang juga dikenal sebagai LSM303DLHC, merupakan sebuah modul sensor yang melibatkan akselerometer 3-sumbu dan magnetometer 3-sumbu. Digunakan umumnya untuk proyek-proyek dalam bidang robotika dan elektronik, modul ini memiliki regulator tegangan onboard 3.3V dengan tingkat input yang berkisar antara 3.6V hingga 6V dan berinteraksi melalui antarmuka I2C.

Rentang skala penuh akselerasi pada modul ini adalah $\pm 2g$. Kompatibel dengan Arduino dan platform mikrokontroler lainnya, GY-511 menjadi pilihan yang populer untuk aplikasi yang berkaitan dengan penginderaan orientasi dan pelacakan gerakan. Gambar 7 di bawah ini menyajikan gambaran representatif sensor GY 511.



Gambar 7 Sensor GY 511
Sumber: Dokumen Pribadi (2023)

Sensor *Flowmeter*

YF-S201 merupakan tipe *flowmeter* yang umumnya digunakan untuk mengukur laju aliran air. Ini merupakan sensor efek *Hall* yang mampu menghitung volume air yang melewatinya. Sensor ini dilengkapi dengan ulir eksternal berukuran 1/2 inci dan dapat beroperasi dalam rentang suhu antara -25 hingga +80 derajat Celsius.

Tekanan maksimum yang diizinkan pada sensor ini adalah sebesar 1,75 MPa, dan memiliki kapasitas beban sebesar 10 mA. YF-S201 seringkali diterapkan dalam berbagai

situasi, termasuk manajemen air, sistem irigasi, dan penggunaan di akuarium. Untuk mengoptimalkan kinerjanya, alat ini dapat dikalibrasi menggunakan mikrokontroler Arduino. Visualisasi sensor *flowmeter* tersaji dalam gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8 Sensor Flowmeter
Sumber: Dokumen Pribadi (2023)

Flowmeter berperan sebagai sensor yang melakukan penghitungan terhadap debit air yang mengalir melalui suatu ruang penampang seperti pipa atau paralon. Untuk menggunakan sensor *flowmeter* secara efektif, perlu diterapkan bersama mikroprosesor agar dapat menghitung kecepatan, karena keluaran dari sensor ini berupa sinyal pulsa. Rotor pada *flowmeter* akan berputar dengan kecepatan yang bervariasi sesuai dengan kecepatan aliran air yang melewati.

Sensor *hall* efek yang ada pada perangkat ini akan membaca sinyal yang berupa perubahan tegangan, yang kemudian diubah menjadi sinyal pulsa. Sinyal tersebut dapat diolah menjadi data digital melalui pengendali atau mikrokontroler. Spesifikasi dari sensor *flowmeter* dapat ditinjau pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Spesifikasi sensor *Flowmeter*

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Tegangan kerja	5 VDC
2	Arus minimal saat beroperasi	15mA
3	Rentang aliran	1-30L/min
4	Kapasitas beban	10 mA (DC 5V)
5	Batas suhu operasional maksimal	80°
6	Batas suhu air maksimal	120°
7	Rentang kelembaban	35% - 90% RH
8	Batas tekanan air maksimal	20 Mpa

Sumber: <https://Tokopedia.com> (2023)

Baterai

Baterai LiPo, atau *Lithium Polymer*, adalah tipe baterai *rechargeable* yang menggunakan teknologi *lithium-ion*. Baterai ini umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk elektronik konsumen, perangkat radio kontrol, *drone*, dan perangkat portabel lainnya. LiPo *batteries* memiliki kelebihan dalam hal ukuran, bobot, dan kemampuan untuk menyediakan daya tinggi dalam ruang yang relatif kecil.

Baterai LiPo menggunakan bahan elektrolit berbasis lithium yang terkandung dalam polimer. Struktur kimianya memungkinkan fleksibilitas dalam desain, yang memungkinkan pembuatan baterai yang lebih tipis dan ringan. Gambar 2.16 di bawah ini menyajikan contoh konkret baterai Li-PO.



Gambar 9 Baterai Li-PO
Sumber: Dokumen Pribadi (2023)

Sensor *Speed Opto Interrupter* (sensor RPM)

"*Opto Interrupter*" atau "*Opto-Interrupter*" adalah bentuk sensor yang umumnya diterapkan dalam berbagai aplikasi elektronik dan robotik untuk mendeteksi dan menghitung kecepatan. Struktur sensor ini umumnya terdiri dari sumber cahaya inframerah (IR) dan fotodetektor.

Fungsinya meliputi penghitungan kecepatan, deteksi denyut nadi, serta pelacakan posisi. *Opto-interrupter* bersifat serbaguna dan dapat diintegrasikan dengan platform mikrokontroler seperti Arduino, cocok untuk berbagai proyek DIY dan aplikasi robotika.

Walaupun *opto-interrupter* dan *encoder* inframerah memiliki tujuan serupa dalam penginderaan dan penghitungan kecepatan dalam konteks elektronik dan robotik, terdapat perbedaan kunci di antara keduanya. *Opto-interrupter* cenderung terdiri dari sumber cahaya inframerah dan fotodetektor, diaplikasikan untuk tugas-tugas seperti penghitungan kecepatan, deteksi denyut nadi, dan pelacakan posisi.

Sebaliknya, *encoder* inframerah beroperasi sebagai perangkat yang berkinerja tinggi dan statis, berada di antara UART dan *transceiver* optik inframerah. Enkoder ini berguna untuk menyandikan dan mendekodekan data, dan kompatibel dengan *encoder disk*. Sementara keduanya menggunakan cahaya inframerah, *opto-interrupter* cenderung digunakan untuk mendeteksi gangguan pada jalur cahaya, sedangkan *encoder* inframerah berfokus pada tugas menyandikan dan mendekodekan data. Referensi gambar 10 dibawah ini menunjukkan contoh sensor RPM.



Gambar 10 Sensor RPM
Sumber : <https://Tokopedia.com> (2024)

METODOLOGI PENELITIAN

Pada Karya Tulis Ilmiah ini, peneliti menggunakan metode penelitian *research and development* (R&D) sebagai pendekatan utama dalam penelitian skripsi ini. Menurut Sugiyono (2013) "Metode penelitian dan pengembangan (R&D) digunakan untuk membuat produk dan mengembangkan produk atau teknologi baru untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi".

Metode penelitian ini bertujuan untuk membuat produk baru atau meningkatkan produk yang sudah ada. Sugiyono (2013) menjelaskan dalam buku Metode Penelitian Kuantitatif,

Kualitatif, dan R&Dada sepuluh tahap dalam penelitian *Research and Development*. Berikut adalah tahap-tahap tersebut terdiri dari:

1. Potensi dan Masalah, adalah tahap di mana potensi dan masalah dari fenomena yang ingin diteliti diidentifikasi.
2. Mengumpulkan Informasi, adalah fase di mana teori-teori yang akan dikaji dan digunakan dalam penelitian dikumpulkan.
3. Desain Produk, adalah tahap merencanakan penelitian, menentukan tujuan, dan menentukan langkah-langkah penelitian. Hasil dari tahap ini adalah desain produk baru yang lengkap dan spesifikasinya.
4. Validasi Desain, adalah tahap evaluasi apakah rancangan produk akan efektif dan efisien.
5. Perbaikan Desain, jika desain yang telah divalidasi oleh para ahli dan selanjutnya ditemukan kelemahannya maka akan diperbaiki dan dikembangkan lagi.
6. Uji Coba Produk, adalah proses melakukan uji coba awal pada skala yang terbatas pada desain produk. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan benar.
7. Revisi Produk, merupakan perbaikan produk yang dibuat berdasarkan hasil uji coba awal dan diperbaiki dengan mengkalibrasi ulang bagian yang tidak berfungsi.
8. Uji Coba Pemakaian, atau dikenal sebagai uji coba utama mencakup uji coba yang diharapkan sudah dapat menunjukkan hasil pengukuran untuk seluruh komponen rancang bangun.
9. Revisi Produk, adalah memperbaiki rancang bangun yang dibuat untuk menghasilkan produk akhir.
10. Pembuatan Produk Masal adalah fase di mana ide atau produk telah disebarluaskan ke publik. Pada tahap ini, ide dapat diajukan untuk hak paten.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Komponen Alat

Pemeriksaan dilaksanakan untuk memverifikasi kinerja yang optimal dari komponen yang akan diintegrasikan dalam perangkat yang sedang dirancang. Tujuannya adalah untuk meminimalkan kemungkinan kesalahan selama tahap pengujian dan memastikan bahwa setiap komponen berfungsi sebagaimana diharapkan. Selain itu, pemahaman mendalam terhadap kinerja masing-masing komponen sangat penting agar data analisis yang dihasilkan dapat diandalkan dan akurat. Komponen yang akan diperiksa dalam perangkat ini melibatkan:

a. Pengujian *Arduino Uno*

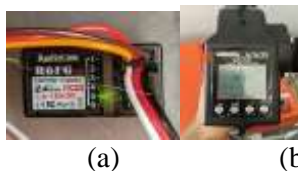
Pengujian perangkat keras *arduino uno* dilaksanakan dengan memberikan daya melalui baterai atau kabel USB yang terhubung ke laptop atau sumber daya tegangan yang sesuai dengan kebutuhan *arduino uno*. Hal ini bertujuan untuk menunjukkan kinerja yang optimal dari *Arduino Uno*, yang dapat dikenali melalui indikator LED hijau yang menyala ketika perangkat menerima pasokan tegangan, menandakan bahwa *arduino uno* berfungsi dengan baik dan siap digunakan. Referensi gambar 11 di bawah ini menunjukkan contoh dari *arduino uno*.



Gambar 11 Pengujian *Arduino Uno*
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

b. Pengujian remot kontrol (RC)

Pengujian pada remot kontrol dilakukan dengan cara mengoperasikannya menggunakan berbagai tombol dan fungsi yang ada. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa remot kontrol berfungsi secara efektif dalam mengontrol perangkat yang dituju. Pengujian ini dapat melibatkan pemeriksaan respons tombol, jarak operasional, serta keandalan fungsi-fungsi khusus yang terdapat pada remot kontrol. Proses pengujian ini membantu memastikan kualitas dan kinerja optimal dari remot kontrol sebelum digunakan secara reguler. Untuk melihat dari pengujian remot kontrol, dapat dilihat pada gambar 12 di bawah ini.



Gambar 11 Pengujian remot kontrol (a) *Receiver* (b) *Transceiver*
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

c. Pengujian sensor RPM

Pengujian sensor RPM dilakukan dengan memastikan sensor RPM terpasang dengan baik pada lokasi yang sesuai di kapal, umumnya di sepanjang poros yang berputar atau pada elemen yang akan diukur kecepatannya. Pastikan pula sensor tersebut terkoneksi dengan mikrokontroler atau perangkat pemrosesan data lainnya sesuai dengan petunjuk teknis.



Gambar 12 Pengujian sensor RPM
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

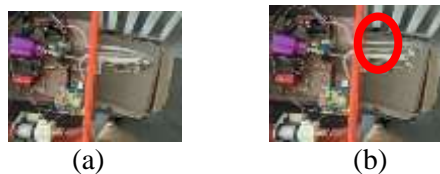
Gambar 13 diatas menunjukkan bahwa dalam kondisi operasi normal, lampu hijau dapat menyala untuk menandakan bahwa sensor beroperasi dengan baik dan dapat mendeteksi pergerakan atau rotasi dengan normal. Lampu hijau juga dapat berperan sebagai indikator status sistem secara keseluruhan, seperti menunjukkan bahwa sensor telah terhubung ke mikrokontroler atau bahwa sensor menerima daya dengan baik.

Untuk mengetahui data tersebut valid atau tidak, bandingkan hasil pengukuran dari sensor dengan data yang diperoleh dari metode pengukuran lain atau referensi yang dapat dipercaya untuk memastikan keakuratannya.

d. Pengujian motor servo dan *rudder*

Untuk menjalankan pengujian ini pastikan motor servo dan *rudder* kapal terpasang dengan baik, pastikan pemasangan motor servo dan sistem *rudder* dilakukan dengan presisi pada USV.

Pastikan seluruh perangkat terhubung dengan benar dan mendapatkan pasokan daya yang memadai. Lakukan pemeriksaan fungsionalitas untuk memastikan kesiapan sebelum memulai pengujian. Uji berbagai fungsi dasar dari motor servo dan *rudder*, seperti pergerakan rotasi, respons kecepatan, dan akurasi pergerakan. Visualisasi dari pengujian *rudder* dapat ditemukan pada gambar 14 di bawah ini.

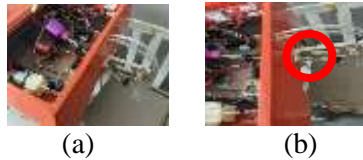


Gambar 13 Pengujian *rudder* (a) kondisi normal (b) kondisi berbelok
Sumber : Dokumentasi pribadi (2024)

Verifikasi kemampuan motor servo untuk menggerakkan *rudder* sesuai dengan instruksi yang diberikan dengan menggerakkan pengontrol belok pada remot kontrol. Pantau respons motor servo terhadap variasi beban dan pastikan tidak ada kegagalan atau penurunan kinerja yang signifikan. Uji responsivitas sistem terhadap perintah dari pengontrol atau otomatisasi dan pastikan bahwa motor servo dan *rudder* merespons dengan cepat dan akurat terhadap perubahan instruksi.

e. Pengujian motor BLDC dan *propeller*

Dalam melakukan pengujian motor BLDC dan *propeller*, pemasangan motor BLDC dan *propeller* dilakukan dengan teliti sehingga seluruh perangkat terhubung dan menerima pasokan daya yang memadai. Lakukan pengujian untuk berbagai tingkat kecepatan pada motor BLDC dan catat daya dorong yang dihasilkan oleh *propeller* pada setiap tingkat kecepatan. Gambar 15 dibawah ini menunjukkan saat dilakukan pengujian motor BLDC.



Gambar 4.4 Pengujian motor BLDC dan *propeller* (a) kondisi diam (b) kondisi berputar
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Variasikan arah dan tingkat kecepatan rotasi motor BLDC untuk memastikan respons yang optimal dari *propeller* dalam berbagai kondisi operasional. Lakukan pengujian dalam skenario rotasi maju dan mundur. Uji responsivitas sistem terhadap instruksi dari pengontrol atau otomatisasi. Pastikan bahwa motor BLDC dan *propeller* memberikan respons yang cepat dan akurat terhadap perubahan instruksi.

f. Pengujian LCD

Pengujian LCD dimulai dengan memastikan pemasangan LCD I2C pada USV dilakukan dengan teliti dan koneksi antara LCD I2C dan *arduino* terhubung melalui komunikasi I2C. Pastikan juga kabel-kabel dan pasokan daya LCD I2C terhubung dengan benar.

Cek program *arduino* menggunakan kode yang telah Anda susun. Periksa juga apakah LCD I2C menampilkan pesan awal atau informasi yang diinginkan saat sistem dihidupkan. Pastikan bahwa pesan awal mencerminkan kondisi normal atau status inisialisasi dari USV. Gambar 16 di bawah ini menampilkan saat terjadi pengujian LCD.



Gambar 15 Pengujian LCD
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Lakukan pengujian terhadap kemampuan LCD I2C untuk menampilkan teks dan angka dengan akurat. Gunakan perintah yang sesuai dalam kode *arduino* untuk menampilkan informasi yang dibutuhkan pada layar LCD. Pastikan bahwa teks dan angka ditampilkan secara jelas dan sesuai dengan harapan.

g. Pengujian *Deeper sonar pro+*

Pengujian *deeper sonar pro+* dimulai dengan memastikan instalasi *deeper sonar Pro+* dengan akurat sesuai petunjuk pengguna. Pastikan *WIFI* terkoneksi dengan benar dan pasokan daya mencukupi. Pastikan bahwa data yang dihasilkan memiliki akurasi dan sesuai dengan kondisi sebenarnya di bawah permukaan air. Untuk melihat pengujian *deeper sonar pro+*, merujuklah ke gambar 17 di bawah ini.



Gambar 16 Pengujian *Deeper Sonar Pro+*
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Uji kemampuan sonar dalam mengukur kedalaman air dengan presisi. Bandingkan hasil pengukuran dengan data kedalaman yang diketahui untuk memastikan keakuratan perangkat. Untuk mengecek data pengukuran kedalaman bisa diakses melalui aplikasi *fish finder* yang tersedia di *playstore*. Gambar 18 ini merupakan tampilan yang terdapat pada aplikasi *fish finder* yang dapat di unduh ke telepon seluler.



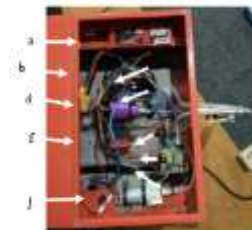
Gambar 17 Tampilan pada aplikasi *fish finder*
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Perakitan Perangkat

Langkah penggabungan seluruh komponen yang telah melewati uji pada sub-bab pengujian komponen disebut tahap perakitan komponen. Setelah seluruh perangkat keras dirakit, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian dinamis, di mana semua komponen disusun menjadi satu kesatuan sesuai dengan sistem masing-masing. Hal ini memungkinkan dilakukannya pengujian secara dinamis pada keseluruhan sistem.

a. Perakitan komponen kelistrikan

Peletakan *tranceiver* lora berada di kapal USV pada bagian belakang kapal sedangkan *receiver* hanya menggunakan kotak berbahan akrilik agar ketika diuji tidak langsung terbentur dengan benda padat. Untuk penjelasan lebih lanjut, bisa dilihat pada gambar 19 dan 20 di bawah ini.



Gambar 18 Komponen kelistrikan *tranceiver*
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Keterangan:

1. Komponen *tranceiver* alat
 - a. Baterai
 - b. *Receiver* remot kontrol
 - c. *Electronic speed control* (ESC)
 - d. Motor BLDC
 - e. Sensor RPM
 - f. Motor Servo
 - g. Arduino uno

- h. Lora modul Ra-02 *tranceiver*
- i. Sensor GY 511
- j. Pompa DC



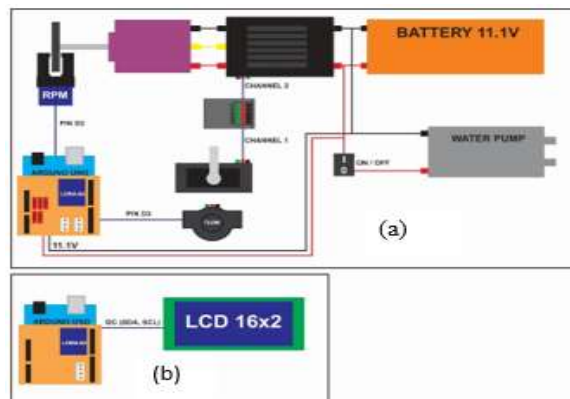
Gambar 20 Komponen kelistrikan *receiver*
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Keterangan:

2. Komponen *receiver* alat

- a. Modul LoRa Ra-02 *receiver*
- b. Arduino uno
- c. LCD

Untuk rancangan skematik kelistrikan USV yang terhubung dengan *Uninterruptible Power Supply* (UPS) ditampilkan dalam gambar 4.11 sebagai berikut:



Gambar 21 Desain skematik kelistrikan USV *tranceiver* (a) dan *receiver* (b)
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Rancangan skematik ini menjelaskan interaksi antara berbagai elemen listrik yang ada di dalam USV, termasuk asal usul daya listrik (*input*), proses-proses listrik yang berlangsung di dalamnya, serta cara pengaturan daya listrik yang dikirim keluar (*output*).

Pada USV ini, baterai Lipo berfungsi sebagai sumber energi utama, yang mana secara langsung terhubung ke perangkat-perangkat listrik seperti pompa DC, ESC, dan motor BLDC.

Untuk perangkat lain yang memerlukan tegangan lebih rendah, tegangan dari baterai perlu disesuaikan melalui suatu rangkaian pembagi tegangan sebelum dialirkan ke mikrokontroler seperti *arduino uno*, sensor RPM, *receiver* remot kontrol, sensor GY511, dan LCD.

b. Perakitan komponen mekanik

1. Perakitan motor servo dengan *rudder* kapal

Proses perakitan diawali dengan menyiapkan semua komponen dan memastikan komponen tersebut berjalan normal. Pemasangan motor servo disesuaikan dengan desain yang sudah ditentukan dan pastikan motor servo terpasang pada posisi aman dan kokoh lalu diikat menggunakan baut.

Lalu hubungkan motor servo dengan sistem *rudder* kapal dan harus dipastikan koneksi antara motor servo dan *rudder* terjamin kuat serta tidak ada halangan apapun.

Hubungkan motor servo dengan baterai melalui *receiver* dan pastikan polaritas terhubung dengan tepat agar menghindari masalah pada saat pengujian. Lakukan tes untuk memastikan kontrol dari remot kontrol sudah sesuai atau belum. Jika belum sesuai maka dilakukan kalibrasi. Visualisasi dari perakitan motor servo dengan *rudder* kapal tersaji dalam gambar 22 di bawah ini.



Gambar 22 Perakitan motor servo (a) dengan *rudder* kapal (b)
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

2. Perakitan motor BLDC dengan *Propeller*

Proses dimulai dengan menentukan motor BLDC yang sesuai dengan kebutuhan daya dan kecepatan yang diinginkan. Pastikan juga memilih *propeller* yang sesuai dengan karakteristik kapal termasuk desain dan ukurannya. Pasang motor BLDC pada posisi yang telah ditentukan dan pastikan terpasang dengan kokoh dan aman jika perlu ikat dengan baut.

Sambungkan motor BLDC pada baterai dan cek polaritasnya untuk menghindari masalah saat motor di jalankan. Hubungkan motor BLDC dan *propeller* dengan memasang *shaft* yang memanjang sampai ke *propeller* yang berada diluar kapal. Lau pastikan sambungan antara motor dan *propeller* kuat dan tidak hambatan saat *propeller* diputar.

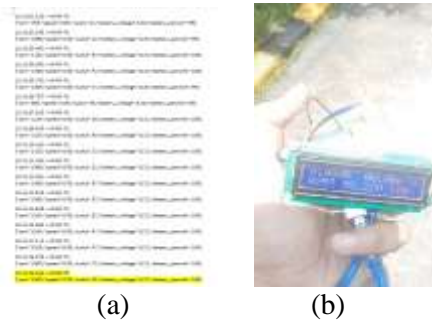
Sambungkan motor BLDC dengan *receiver* remot kontrol lalu program pengontrol untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor serta lakukan pengujian untuk memastikan bahwa motor dan *propeller* beroperasi secara responsif dan akurat terhadap perintah pengontrol. Jika belum sesuai dengan keinginan maka lakukan pengaturan dan kalibrasi untuk memastikan motor dan *propeller* berjalan dalam sesuai parameter yang diinginkan. Penggambaran perakitan motor BLDC dengan *propeller* kapal tersaji pada gambar 23 di bawah ini.



Gambar 23 Perakitan motor BLDC (a) dengan *propeller* kapal (b)
 Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

c. Integrasi Pengujian Modul LoRa Ra-02

Pengujian ini dilaksanakan dengan melakukan uji coba menyeluruh untuk memastikan setiap komponen beroperasi dengan baik sesuai dengan program yang telah ditetapkan. Pengujian ini menggunakan baterai sebagai sumber daya yang terhubung pada setiap sistem. Uji modul LoRa-02 dilakukan dengan mengatur jarak antara *transceiver* dan *receiver* untuk menentukan jarak maksimal data yang dapat dikirim dan diterima oleh sistem ini. Data yang dihasilkan oleh pembacaan sensor diproses menggunakan *arduino uno*, kemudian dikirim melalui *transceiver* LoRa Ra-02 ke *receiver* LoRa Ra-02.



Gambar 24 Integrasi pengujian LoRa Ra-02 transceiver (a) dan receiver (b)
 Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Pada hasil pengujian gambar 4.14 di atas, pembacaan data RPM dan kecepatan pada sistem *transceiver* dan *receiver* adalah RPM sebesar 1000 dan 0 m/s secara simultan, sehingga data yang dikirim dan diterima dapat dianggap akurat dan *realtime*. Uji jarak komunikasi LoRa dari *transceiver* ke *receiver* juga dievaluasi menggunakan *Google Maps* dengan metode LOS dan NLOS *testing*.

Pemrograman Perangkat Lunak

Proses memberikan instruksi kepada sistem dikenal sebagai pengembangan perangkat lunak yang bertujuan untuk menghasilkan pembacaan dari sensor GY 511, sensor RPM, dan sensor *flowmeter*. Sistem pembacaan data dilaksanakan dengan membandingkan data dari sensor-sensor dengan pembanding masing-masing.

Setelah itu, nilai-nilai tersebut dikirimkan ke mikrokontroler *arduino uno* dan diolah untuk mengirimkan instruksi ke *transceiver* LoRa dan *receiver* LoRa. Pengembangan perangkat lunak ini menggunakan aplikasi *Arduino IDE* yang memanfaatkan bahasa pemrograman C++ untuk memproses data dan menghasilkan perintah sebagai output.

Tabel 4 Pengambilan data sensor RPM

Percobaan	Tanggal	Jam	Nilai RPM
1	30 Januari 2024	16:05:26.014	923
2	30 Januari 2024	16:05:27.137	857
3	30 Januari 2024	16:05:28.271	869
4	30 Januari 2024	16:05:29.407	882
5	30 Januari 2024	16:05:30.586	810
6	31 Januari 2024	16:13:28.760	833
7	31 Januari 2024	16:13:29.927	909
8	31 Januari 2024	16:13:31.095	882
9	31 Januari 2024	16:13:32.214	833
10	31 Januari 2024	16:13:33.336	821

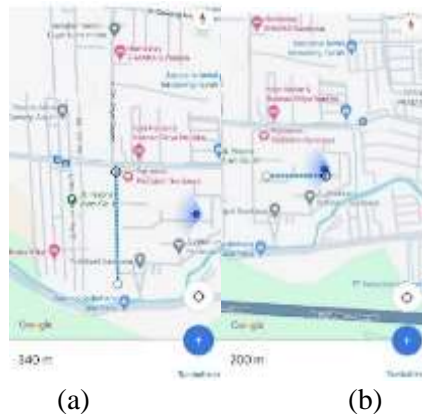
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Tabel 5 Pengambilan data dengan *tachometer*

Percobaan	Tanggal	Jam	Nilai RPM
1	30 Januari 2024	16:05:26.014	907
2	30 Januari 2024	16:05:27.137	848
3	30 Januari 2024	16:05:28.271	852
4	30 Januari 2024	16:05:29.407	878
5	30 Januari 2024	16:05:30.586	806
6	31 Januari 2024	16:13:28.760	826
7	31 Januari 2024	16:13:29.927	901
8	31 Januari 2024	16:13:31.095	869
9	31 Januari 2024	16:13:32.214	829
10	31 Januari 2024	16:13:33.336	810

Sumber: alat ukur *tachometer* benetech GM (2024)

Pengambilan data LoRa



Gambar 26 Pengujian jangkauan LoRa dengan (a) LOS testing (b) NLOS testing
 Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024)

Pada tanggal 31 Januari 2024, tim penguji dibagi menjadi dua kelompok selama melakukan uji sistem ini. Tim pertama bertugas memonitor LoRa *transceiver* yang telah dipasang pada model USV, sementara tim kedua bertanggung jawab membawa LoRa *receiver* ke lokasi yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan dengan metode LOS dan NLOS. Untuk gambaran lokasi pengujian dari pengujian jangkauan LoRa dapat dilihat pada gambar 26 di atas.

Tabel 6 Pengambilan data LoRa metode LOS

No.	Jarak (m)	Data Sensor RPM Receiver	Delay (s)	Keterangan
1	50	652	-	Terbaca
2	100	937	-	Terbaca
3	150	444	-	Terbaca
4	200	666	0.5	Terbaca
5	250	937	1	Terbaca
6	300	937	2	Terbaca
7	330	833	2	Terbaca
8	340	845	>5	Tidak terbaca

Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Berdasarkan tabel 6 di atas, hasil uji dengan metode LOS menunjukkan bahwa *transceiver* dan *receiver* yang menggunakan modul LoRa mampu menjangkau dan mengirimkan data secara stabil pada jarak 50 meter sampai dengan 330 meter. Namun, ketika uji dilanjutkan ke jarak 340 meter, LoRa *receiver* tidak dapat menerima data.

Tabel 7 Pengambilan data LoRa metode NLOS

No.	Jarak (m)	Data Sensor RPM Receiver	Delay(s)	Keterangan
1	50	779	-	Terbaca
2	100	833	-	Terbaca
3	150	923	1	Terbaca
4	190	555	2	Terbaca
5	200	410	>5	Tidak terbaca

Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Berdasarkan tabel 7 di atas untuk pengujian dengan metode NLOS, sistem mampu menjangkau dan mengirimkan data secara stabil pada jarak 50 meter, 100 meter, 150 meter, dan 190 meter. Namun, ketika jarak uji diperpanjang menjadi 200 meter, LoRa *receiver* tidak dapat menerima data, sehingga pengujian dihentikan. Faktor-faktor seperti tingkat penghalang, daya pancar, antena, dan interferensi gelombang lainnya di lokasi pengujian dapat mempengaruhi jarak efektif sistem LoRa.

Pengambilan data alat pendeteksi kedalaman

Pada tanggal 30 – 31 Januari 2024, data diambil dalam rentang waktu dari pukul 16.00 hingga 17.00 WIB. Bertempat di kolam latihan Politeknik Pelayaran Surabaya dengan kondisi cuaca pada hari tersebut berkisar antara cerah dan mendung. Pengujian dilakukan dengan memonitor menggunakan aplikasi *fish deeper* ketika USV berjalan memutar lokasi survei. Dapat dilihat pada gambar 4.17 tampilan didalam aplikasi *fish deeper* ketika dilakukan pengambilan data kedalaman oleh *deeper sonar pro+*.



Gambar 27 Tampilan data kedalaman pada *fish deeper*
 Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengevaluasi kecepatan dan putaran RPM sebagai faktor utama pada pergerakan kapal, serta untuk menilai tingkat akurasi alat pengukur putaran motor dan kecepatan kapal. Tingkat akurasi diukur melalui perbandingan data yang diperoleh dari alat dengan hasil pengukuran manual yang dilakukan oleh peneliti.

Dari hasil data yang telah dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan untuk menentukan tingkat akurasi alat yang dikembangkan oleh peneliti. Tingkat akurasi dinilai dengan membandingkan data yang dihasilkan oleh alat dengan hasil pengukuran manual peneliti, yang dapat mengungkapkan adanya galat (*error*). Jika galatnya kurang dari 5%, maka dapat disimpulkan bahwa alat memiliki tingkat akurasi yang baik. Untuk mengetahui tingkat *error* tersebut, peneliti menggunakan rumus persamaan 4.1 sebagai berikut.

$$error = \frac{(\text{Nilai sensor} - \text{Nilai pembandingan})}{\text{Nilai pembandingan}} \times 100 \% \dots\dots\dots(4.1)$$

Analisa perbandingan perhitungan sensor RPM dengan *tachometer*



Gambar 28 Grafik sensor RPM dengan *tachometer*
 Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Dari gambar 28 diatas dapat dilihat bahwa ada selisih perhitungann antara penggunaan sensor RPM dengan *tachometer*. Terdapat nilai selisih antara kedua indikator tersebut. Hal ini merupakan *error* relatif dari hasil perbandingan antara sensor RPM dengan tachometer. Berikut merupakan tabel perbandingan *error* antara sensor RPM dengan *tachometer*.

Tabel 8 Perbandingan *error* sensor RPM dengan *tachometer*

Percobaan	Nilai sensor RPM	Nilai Tachometer	Selisih	<i>Error</i> (%)
1	923	907	16	1,7 %
2	857	848	9	1,06 %
3	869	852	17	1,9 %
4	882	878	4	0,45 %
5	810	806	4	0,49 %
6	833	826	7	0,84 %
7	909	901	8	0,88 %
8	882	869	13	1,49 %
9	833	829	4	0,48 %
10	821	810	11	1,35 %
Rata – rata				1,064%

Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Dari tabel 8 di atas dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian antara sensor RPM dengan *tachometer* memiliki *error* rata-rata sebesar 1,064 %. Jika *error* kurang dari 5%, dapat disimpulkan bahwa instrumen tersebut memiliki tingkat akurasi yang baik.

Analisa perhitungan kecepatan kapal menggunakan konversi RPM

Analisis ini melibatkan perhitungan kecepatan menggunakan konversi RPM motor BLDC USV yang selanjutnya dilakukan perhitungan dengan rumus kecepatan kapal. Dalam hal ini, evaluasi ketepatan dan keakuratan pengukuran menjadi pokok bahasan.

Melalui analisis perhitungan ini, kita dapat mengetahui kecepatan USV yang tepat. Berikut merupakan rumus kecepatan *propeller* pada persamaan 4.2 di bawah ini.

$$\text{Kecepatan Propeller} = \frac{\pi \times 2r \times \text{RPM} \times \text{Pitch propeller}}{(60 \times (1 - \text{slip propeller}))} \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana:

- Kecepatan *propeller* adalah kecepatan *propeller* dalam satuan panjang per waktu (m/s).
- π adalah konstanta pi (sekitar 3.14159).
- r adalah jari - jari dari objek yang berputar (*propeller*).
- RPM adalah jumlah *Rotations Per Minute*.
- *Pitch propeller* adalah jarak teoritis yang ditempuh *propeller* dalam satu putaran jika tidak ada slip.
- *Slip propeller* adalah perbedaan antara kecepatan teoritis (*Pitch propeller*) dan kecepatan aktual yang dihasilkan oleh *propeller* kapal umumnya nilai di kisaran 10% - 20%.

Pada penelitian ini, peneliti mencari nilai kecepatan *propeller* dari RPM, π (π), jari-jari (r) yang sudah diketahui. Peneliti telah mengukur jari-jari dari *propeller* sebesar 24 mm. Besaran *pitch propeller* pada kapal sebesar 80 mm dan *slip propeller* sebesar 15%. Sedangkan untuk menghitung kecepatan kapal digunakan persamaan 4.3 sebagai berikut:

$$\text{Kecepatan kapal} = \text{Kecepatan Propeller} \times \text{Efisiensi Transmisi} \times 3,6 \dots\dots (4.3)$$

Dimana:

- Kecepatan kapal adalah seberapa cepat kapal bergerak melalui air. Ini biasanya dinyatakan dalam knot (kt) atau kilometer per jam (km/jam).
- Kecepatan *propeller* adalah kecepatan *propeller* dalam satuan panjang per waktu (m/s).
- Efisiensi Transmisi adalah persentase daya yang dihasilkan oleh mesin yang diubah menjadi gaya dorong yang berguna untuk mendorong kapal (%).

Pada penelitian ini, setelah data kecepatan *propeller* dihitung maka peneliti mencoba menghitung kecepatan kapal. Data efisiensi transmisi kapal sudah diketahui sebesar 85%. Berikut tabel perhitungan kecepatan *propeller* dan kecepatan kapal yang hitung menggunakan rumus di atas.

Tabel 9 Perhitungan kecepatan kapal dengan menggunakan konversi RPM

Percobaan	Nilai sensor RPM	Perhitungan Kecepatan Propeller (m/s)	Perhitungan Kecepatan Kapal (km/jam)
1	923	0.218	0.67
2	857	0.202	0.61
3	869	0.205	0.62
4	882	0.208	0.63
5	810	0.191	0.58
6	833	0.196	0.59
7	909	0.214	0.65
8	882	0.208	0.63
9	833	0.196	0.59
10	821	0.193	0.59
Rata-rata	861,9	0.2031	0.616

Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Dari data tabel 9 tersebut, dapat dinyatakan bahwa hasil perhitungan kecepatan kapal dengan menggunakan konversi RPM menunjukkan rata-rata sebesar 0.616 km/ jam atau 0.20 m/s. Hal ini menunjukkan bahwasanya USV dioperasikan secara pelan karena untuk menunjang pengambilan data survei kedalaman.

Analisa pengiriman data oleh LoRa

Pada saat menganalisis pembacaan jangkauan data LoRa, peneliti melakukan serangkaian uji coba untuk menilai bagaimana kinerja komunikasi nirkabel ini dalam berbagai kondisi lingkungan. Dalam uji coba ini, kami menggunakan dua perangkat LoRa dan mengukur jarak efektif di mana perangkat ini dapat menjaga koneksi dengan baik.

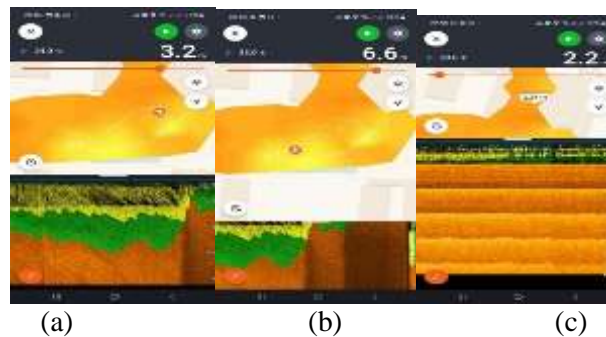
Peneliti melakukan pengujian dalam kondisi LOS (*Line of Sight*), di mana kedua perangkat LoRa memiliki garis pandang langsung tanpa ada halangan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dalam kondisi LOS pada tabel 4.4 halaman 68, jangkauan LoRa dapat mencapai 340 meter dengan tingkat keberhasilan transmisi data sebesar 100%. Meskipun demikian, peneliti tidak hanya memusatkan perhatian pada kondisi ideal ini; peneliti juga melakukan uji coba dalam kondisi NLOS (*Non-Line of Sight*) dengan adanya halangan seperti bangunan atau topografi yang kompleks.

Hasil uji coba NLOS pada tabel 4.5 halaman 68 ditunjukkan mengalami penurunan jangkauan, di mana perangkat LoRa masih dapat mentransmisikan data secara efektif dalam rentang 200 meter dengan tingkat keberhasilan transmisi yang tetap memadai. Dari data ini, peneliti menyimpulkan bahwa faktor-faktor lingkungan memegang peranan penting dalam menentukan kinerja LoRa di lapangan.

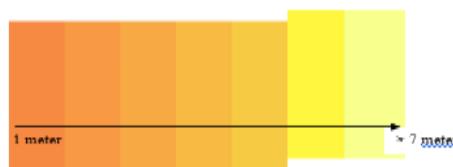
Selain itu, peneliti juga memperhatikan potensi interferensi atau gangguan sinyal dari perangkat elektronik lain yang mungkin memengaruhi pembacaan data jangkauan. Analisis ini memberikan pemahaman tambahan mengenai stabilitas komunikasi LoRa di sekitar perangkat lain dalam suatu area.

Analisa pengambilan data oleh alat pengukur kedalaman

Dalam pengujian dan pengambilan data oleh *deeper sonar pro+*, peneliti melakukan pengambilan data di kolam latihan dan kolam renang POLTEKPEL Surabaya. Pengambilan data dilakukan dengan memantau monitor layar telepon seluler yang terdapat aplikasi *fish finder*. Di dalam aplikasi tersebut menampilkan citra digital yang menggambarkan relief bawah permukaan air. Garis-garis memperlihatkan perbedaan tinggi dan kedalaman, sementara titik-titik yang sebar menandai objek-objek di dasar laut. Analisa data dilakukan secara terus-menerus atau *realtime* untuk bisa membedakan antara formasi bentuk batuan yang berada di bawah permukaan air / topografi kenampakan dasar perairan. Berikut hasil dari pengambilan data oleh *deeper sonar pro+* yang dilakukan di kolam renang dan kolam latihan POLTEKPEL Surabaya:



Gambar 29 Tampilan data citra oleh Deeper Sonar Pro+ pada kolam latihan (a) (b) dan kolam renang (c)
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024)



Gambar 30 Keterangan palet warna pada Deeper Sonar Pro+
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Deeper Sonar Pro+ menampilkan data citra melalui aplikasi *fish deeper* dengan palet warna yang detail. Setiap warna mengindikasikan rentang kedalaman, dengan warna jingga mewakili kedalaman dangkal hingga warna kuning muda menunjukkan kedalaman dalam. Intensitas warna jingga ke kuning menggambarkan kedalaman yang berarti semakin cerah semakin dalam.

Pada gambar 28, bagian (a) menunjukkan kedalaman sekitar wilayah kolam latihan sebesar 3,2 meter dengan warna jingga hingga kuning. Pada bagian (b), saat kapal USV melewati titik tersebut, kedalaman terdeteksi sebesar 6,6 meter dengan warna kuning terang. Gambar 28, bagian (c), menunjukkan kedalaman titik uji di kolam renang sebesar 2,2 meter dengan warna jingga gelap. Dari data ini, dapat disimpulkan bahwa kedalaman di lokasi pengujian, baik di kolam latihan maupun di kolam renang, bervariasi. Warna jingga gelap

menunjukkan kedalaman dangkal, sementara warna kuning cerah menunjukkan kedalaman perairan yang lebih dalam.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian, desain, dan perumusan masalah pada sistem kontrol pergerakan *unmanned surface vehicle* (USV) berbasis LoRa, serta analisis data yang telah dilakukan pada perangkat tersebut, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem pergerakan *unmanned surface vehicle* (USV) terdiri dari motor BLDC yang dihubungkan dengan *shaft propeller* dan motor servo yang dihubungkan dengan *rudder* serta dikontrol melalui remot kontrol. Kapal ini juga dilengkapi dengan beberapa sensor seperti sensor RPM, sensor *flowmeter*, sensor GY511, dan juga *deeper sonar pro+*. Berikut perancangan kontrol pergerakan USV secara keseluruhan:



Gambar 31 Perancangan kontrol pergerakan USV secara keseluruhan
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024)

2. Sistem beroperasi dengan efisien dalam mode nirkabel dari jarak jauh dengan menggunakan LoRa Ra-02, dan data yang dikirimkan dapat dipertahankan secara stabil hingga jarak 340 meter dalam kondisi LOS dan 200 meter dalam kondisi NLOS. Namun, ketika jarak melebihi batas tersebut, receiver tidak dapat menerima data lagi atau data yang diterima tidak valid.
3. Kecepatan maksimal rata-rata yang dapat ditempuh oleh USV pada penelitian ini memiliki rata-rata sebesar 0,616 km/jam yang dihitung dengan rumus konversi RPM ke kecepatan kapal. Sedangkan nilai *error* sensor RPM yang dibandingkan dengan tachometer Benetech type GM8906 sebesar 1,604% yang memiliki tingkat akurasi membaca sebesar 98,936%.

Saran

Melalui pengembangan dan uji coba perangkat yang disusun oleh peneliti, peneliti menyadari bahwa terdapat sejumlah kekurangan dalam desain alat perancangan kontrol pergerakan *unmanned surface vehicle* (USV) berbasis LoRa. Harapan peneliti adalah agar saran ini dapat diperbaiki dan dikembangkan di masa yang akan datang. Berikut adalah rekomendasi dan saran yang dapat diberikan oleh peneliti:

1. Kontrol pergerakan yang harus ditingkatkan dengan tanpa remot kontrol (*autonomus*) atau bisa dengan menggunakan navigasi *waypoint*.

2. Pengembangan pada sensor lain seperti sensor GPS yang dapat langsung dipantau dari darat untuk mengetahui posisi kapal secara akurat.
3. Pengembangan pada *power supply* karena pada penelitian ini masih menggunakan baterai yang memiliki batas tertentu dalam penggunaannya.
4. Pengintergrasian dengan Deeper Sonar Pro+ agar dapat dipantau dengan 1 perangkat saja karena pada penelitian ini peneliti menggunakan 2 perangkat dalam memonitoringnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afika, N. (2021). Survei hidrografi dan survei batimetri. National Oceanographic.
- Anthony, J., & Jacksen. (2018). Perbandingan tiga buah perangkat LORA dan aplikasinya pada sistem pemantau lampu jalan. In Binus Library and Knowledge. Binus University.
- Dabit, A. S., Lianto, A. E., Branta, S. A., Laksono, F. B., Prabowo, A. R., & Muhayat, N. (2020). Perancangan kapal tanpa awak penebar pakan ikan di wilayah pesisir pantai berbasis microcontroller Arduino. *Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika*, 19(2), 74. <https://doi.org/10.20961/mechanika.v19i2.43671>
- Djunarsjah, E., & Poerbandono. (2005). Survei hidrografi. Refika Aditama. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=kzem0kUAAAAJ&citation_for_view=kzem0kUAAAAJ:0EnyYjriUFMC
- Hidayat, A., Sudarsono, B., & Sasmito, B. (2014). Survei bathimetri untuk pengecekan kedalaman perairan wilayah Pelabuhan Kendal. *Jurnal Geodesi Undip*, 3(Januari), 198-210. <https://www.neliti.com/id/publications/85091/survei-bathimetri-untuk-pengecekan-kedalaman-perairan-wilayah-pelabuhan-kendal>
- Hudiono, H., Taufik, M., Perdana, R. H. Y., & Rohmah, W. R. (2020). Design and implementation of centralized reading system on analog postpaid water meter. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 732, No. 1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/732/1/012102>
- Sugiyono. (2013). Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D. Alfabeta.
- Zanofa, A. P., Arrahman, R., Bakri, M., & Budiman, A. (2020). Pintu gerbang otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno R3. *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer*, 1(1), 22-27. <https://doi.org/10.33365/jtikom.v1i1.76>