

Rancang Bangun Kendali Kapal Jarak Jauh Berbasis *LoRa*

Aji Nugraha¹, Diana Alia², Eddi³

^{1,2,3}Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Abstract. *The remote-control system on this Unmanned Surface Vessel (USV) or unmanned ship uses Long Range (LoRa) technology. LoRa was chosen because of its ability to transmit data over long distances with low power consumption, making it very suitable for applications in the maritime environment. The control system on the USV is responsible for controlling movement, so it involves several technologies and components that work together to ensure the USV can operate efficiently. The way a USV works involves several systems working together to allow the autonomous vehicle to operate on the water surface unmanned or without direct human intervention. Under Line of Sight (LOS) conditions, the range of LoRa-02 to control unmanned is success rate up to a distance of 100 meters and achieved a 100% for data transmission. However, in the Non-Line of Sight (NLOS) test, there was a decrease in the range of only 70 meters due to obstacles such as trees or other objects. The transmitted data comes from the wireless camera in the form of images with timestamp displayed in real-time. The display from the wireless camera is utilized for visual field monitoring and can be monitored remotely.*

Keywords: *Long Range, Ship Control, Ultrasonic, Camera.*

Abstrak. Sistem kendali kapal jarak jauh pada kapal *Unmanned Surface Vessel (USV)* atau kapal tanpa awak ini menggunakan teknologi Long Range (*LoRa*). *LoRa* dipilih karena kemampuannya dalam mengirimkan data jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat cocok untuk aplikasi dilingkungan maritim. Sistem kontrol pada USV bertanggung jawab untuk mengontrol pergerakan, sehingga melibatkan sejumlah teknologi dan komponen yang bekerja sama untuk memastikan USV dapat beroperasi secara efisien. Cara kerja USV melibatkan sejumlah sistem yang bekerja sama agar kendaraan otonom ini dapat beroperasi di permukaan air tanpa awak atau tanpa campur tangan manusia secara langsung. Dalam kondisi *Line Of Sight (LOS)*, radius jangkauan *LoRa-02* untuk kendali kapal tanpa awak mencapai hingga jarak 100 meter dengan tingkat keberhasilan transmisi data 100% Namun, pada uji coba *Non Line of Sight (NLOS)*, terjadi penurunan jangkauan hanya mencapai 70 meter karena adanya penghalang seperti pohon atau benda lain. Data yang ditransmisikan berasal dari kamera nirkabel berupa gambar dengan *timestamp* yang ditampilkan secara *realtime*. Tampilan dari kamera nirkabel dimanfaatkan untuk pemantauan lapangan secara visual dan dapat dipantau dari jarak jauh.

Kata Kunci: *LoRa, Kendali kapal, Ultrasonik, Kamera.*

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi kapal beralih ke teknologi kapal tanpa awak. kapal tanpa awak. Dengan menggunakan kapal tanpa awak, permasalahan seperti kurangnya tenaga kerja, aksesibilitas di wilayah perbatasan negara, dan daerah yang sulit di jangkau manusia dapat digantikan dan diselesaikan oleh teknologi *unmanned*. Dengan alat ini survei kondisi visual lingkungan juga dapat dilakukan dengan dilengkapi kamera yang dapat diakses sejauh mungkin menggunakan sinyal internet.

Sistem kontrol pada USV bertanggung jawab untuk mengendalikan pergerakan dan tugas kendaraan otonom tersebut. Sistem kontrol pada USV melibatkan sejumlah teknologi dan komponen yang bekerja bersama-sama untuk memastikan USV dapat beroperasi secara aman, efisien, dan sesuai dengan misi yang diinginkan. adapun cara kerja pada USV melibatkan

sejumlah sistem yang bekerja bersama-sama untuk memungkinkan kendaraan otonom ini beroperasi di permukaan air tanpa adanya awak atau campur tangan manusia secara langsung. Menurut Dewi, kendaraan otonom adalah sistem transportasi yang dirancang untuk beroperasi secara mandiri, mengandalkan sensor dan perangkat lunak canggih untuk menavigasi lingkungan dan membuat keputusan tanpa memerlukan pengendalian langsung oleh manusia. (Dewi, 2023).

Dengan adanya penerapan pada USV tersebut, akan dicobanya untuk menerapkan teknologi komunikasi *LoRa* untuk mengetahui seberapa jauh kendali jarak yang ditempuh pada USV, dimana teknologi komunikasi atau pendeteksi sebelumnya untuk mengetahui seberapa jauh jarak yang di tempuh menggunakan beberapa teknologi komunikasi lainnya, seperti Radio Frekuensi, dan teknologi komunikasi seluler, menurut Hendrik, Frekuensi radio merujuk pada spektrum gelombang elektromagnetik yang luas, berkisar antara 3 kHz hingga 300 GHz, yang dimanfaatkan secara luas dalam teknologi komunikasi nirkabel, seperti radio, televisi, dan sistem pertukaran data (Hendrik, 2022). adapun kekurangan pada alat tersebut. Salah satu kelemahan utama dari teknologi RF adalah jangkauan jarak komunikasi dapat terbatas pada beberapa kilometer, sehingga hal ini membuat teknologi RF kurang efektif untuk mengendalikan kapal yang beroperasi.

Meskipun dengan adanya kemajuan dalam teknologi jarak jauh, masih ada beberapa teknis yang perlu diatasi, contoh beberapa kendala yang akan terjadi seperti delaynya dalam pengirim data, kecepatan transfer data yang terbatas, lalu alat yang digunakan ketahanannya belum tentu bisa digunakan dengan jangka panjang. Lalu dengan adanya teknologi *LongRange* telah menunjukkan kemampuan yang dapat menjanjikan dalam hal komunikasi nirkabel jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah. Rancang bangun kendali kapal jarak jauh berbasis *LongRange* diharapkan dapat mengatasi Sebagian dari kendala teknis yang ada sebelumnya dimana data dari hasil survei juga disajikan dalam bentuk gambar realtime yang ditangkap oleh kamera dan koordinasi posisi kapal menggunakan *GPS* yang ditampilkan pada layar LCD.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah perangkat yang menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi untuk mengukur jarak atau mendeteksi objek dengan memanfaatkan waktu tempuh gelombang suara yang dipantulkan kembali. (Hadi, 2023). Gelombang ultrasonik adalah gelombang suara yang memiliki frekuensi di atas batas pendengaran manusia, yaitu di atas 20 kiloHertz (kHz). Sensor ultrasonik sering digunakan dalam berbagai aplikasi, terutama dalam bidang pengukuran jarak, navigasi, dan deteksi objek.

Buzzer

Menurut Zhang (2020) mendefinisikan buzzer sebagai sebuah perangkat yang mengkonversi energi listrik menjadi gelombang suara melalui mekanisme piezoelektrik atau elektromagnetik yang berfungsi sebagai sumber suara atau alarm yang bersifat audibel (dapat didengar). *Buzzer* biasanya berbentuk kecil dan kompak, sehingga mudah diintegrasikan ke dalam berbagai perangkat elektronik dan sistem.

Motor DC

Menurut (Rina,2022) Motor DC, atau motor arus searah, adalah perangkat elektromekanis yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi kinetik, biasanya digunakan dalam berbagai aplikasi industri dan perangkat elektronik yang membutuhkan pengaturan kecepatan dan arah putaran. Ini beroperasi berdasarkan prinsip bahwa ketika konduktor pembawa arus ditempatkan di medan magnet, ia menghasilkan gaya mekanik.

Kamera Nirkabel

Menurut (Dewi,2023) Kamera nirkabel adalah perangkat kamera yang menggunakan teknologi tanpa kabel, seperti Wi-Fi atau Bluetooth, untuk mentransmisikan gambar dan video secara langsung ke perangkat penerima atau penyimpanan, memudahkan instalasi dan fleksibilitas penggunaannya. Kamera ini dapat dihubungkan ke jaringan nirkabel dan dapat diakses dari jarak jauh melalui komputer atau perangkat seluler.

Global Positioning System (GPS) Neo6m

Pelacakan lokasi alat transportasi adalah hal penting dalam dunia transportasi, termasuk kapal. Global Positioning System (GPS), seperti yang dijelaskan oleh Misra dan Enge (2011), merupakan teknologi berbasis satelit yang menyediakan layanan penentuan posisi dan waktu secara global. Hal ini diperlukan untuk mengetahui lokasi kapal yang tepat Ketika risiko kecelakaan laut, yang umum terjadi di negara ini. didapatkan sebuah system monitoring posisi kapal yang dilengkapi dengan radio GPS untuk mengetahui letak posisi nelayan ketika berada di laut dengan monitoring perangkat untuk menampilkan data posisi koordinat tersebut sebagai hasil dari penelitian ini terciptanya sistem monitoring suatu posisi dengan tingkat akurasi data koordinat yang dibaca memiliki *range* jarak sejauh 20 meter.

Driver Motor L293D

Menurut Hughes dan Hiley (2013) mendefinisikan driver motor sebagai suatu komponen elektronik yang berfungsi untuk mengendalikan operasi motor listrik dengan cara memodulasi arus dan tegangan yang disuplai ke motor. *Driver* motor L293D adalah suatu IC (*Integrated Circuit*) yang dirancang khusus untuk mengendalikan motor DC (*Direct Current*). IC ini termasuk dalam kategori *H-bridge*, yang memungkinkan kendali arah putaran motor (searah atau berlawanan arah) serta kecepatan putaran motor.

ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang sangat populer yang dikembangkan oleh Espressif Systems. ESP32 sering digunakan dalam proyek-proyek IoT, perangkat pintar, sistem kendali, pengukuran, dan banyak aplikasi lainnya. Menurut López (2018) menjelaskan bahwa ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang mengintegrasikan modul Wi-Fi dan Bluetooth, menjadikannya solusi yang populer untuk pengembangan perangkat IoT yang memerlukan konektivitas nirkabel yang andal dan serbaguna. Dukungan untuk *Bluetooth Low Energy* (BLE).

Setup Module mt3608

Menurut Liu, H. (2021). Modul MT3608 merupakan sebuah konverter DC-DC step-up yang mampu meningkatkan tegangan input dalam rentang 2V hingga 24V menjadi tegangan output yang dapat diatur antara 5V hingga 28V. Modul ini dilengkapi dengan mekanisme perlindungan terhadap arus pendek dan suhu berlebih.

Antenna

Antena LoRa adalah jenis antena yang dirancang khusus untuk digunakan dengan teknologi *Long Range (LoRa)* (Maedy,2021). Definisi *antena* menurut Susanto ialah perangkat yang digunakan untuk mengirimkan atau menerima sinyal elektromagnetik, berfungsi sebagai jembatan antara perangkat komunikasi dan gelombang radio di udara. (Susanto, 2023). Antena *LoRa* sangat penting untuk mengoptimalkan jangkauan dan kinerja perangkat yang mendukung teknologi *LoRa*.

Charger Module tp4056

Menurut Johnson, T. (2020) Modul TP4056 adalah komponen inti dalam banyak proyek elektronik yang melibatkan baterai Lithium-ion. Modul ini dirancang khusus untuk

mengelola proses pengisian daya baterai secara otomatis, termasuk perlindungan terhadap overcharge, overdischarge, dan short circuit. Kemudahan penggunaannya dan ketersediaannya di pasaran membuat TP4056 menjadi pilihan yang sangat populer di kalangan hobis elektronika maupun para profesional. Dan juga Modul TP4056 adalah modul pengisian sel Li-ion tunggal 3.7V yang efisien. Tidak hanya dapat mengisi daya 18650 sel tetapi juga lebar berbagai ukuran dan jenis baterai Li-ion 3.7V yang berbeda. Di jantung modul ini terdapat IC TP4056, yang canggih IC pengisian baterai litium. IC dibuat dan diprogram secara internal untuk memberikan pengisian daya yang efisien ke sel Li-ion meningkatkan cadangan dan kehidupan sel. IC ini juga memiliki pin input suhu yang dapat dihubungkan ke sensor suhu NTC. ICnya juga diprogram untuk memutuskan pengisian daya ketika suhu baterai melebihi batas yang diprogram IC. Itu modul memiliki dua indikator LED. Satu LED menunjukkan pengisian baterai sedang berlangsung dan saat baterai sudah penuh terisi, secara otomatis akan dinonaktifkan dan LED lainnya menjadi aktif untuk menunjukkan bahwa baterai sudah penuh dibebankan.

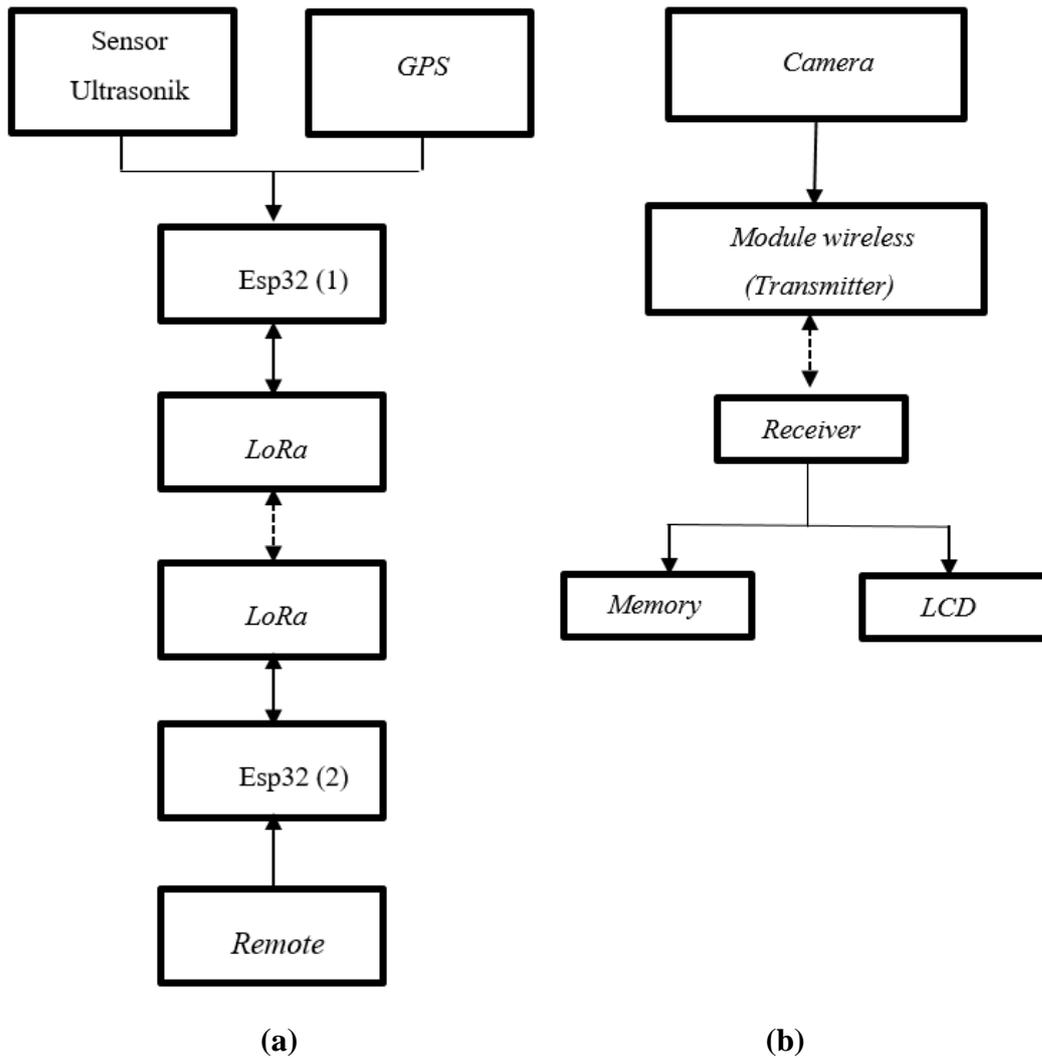
Baterai DC

Baterai DC adalah jenis baterai yang menghasilkan arus searah, sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan tegangan yang konsisten dan stabil, seperti dalam sistem daya kecil dan perangkat elektronik pribadi. (Nugroho, 2021). Baterai dengan tegangan 3,7 V adalah umumnya baterai lithium-ion (Li- ion) atau lithium polymer (Li-Po). Ini adalah jenis baterai *rechargeable* yang sering digunakan dalam berbagai perangkat elektronik portable seperti ponsel cerdas, kamera digital, perangkat audio, dan perangkat lainnya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan Sistem

Menurut Sommerville, I (2016) Perancangan sistem merupakan serangkaian aktivitas yang bertujuan untuk merancang struktur, komponen, dan interaksi dalam sebuah sistem sehingga dapat menjalankan fungsinya dengan optimal dan memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Secara umum rancangan penelitian yang akan dibuat terdiri dari beberapa bagian yang dapat digambarkan blok diagram pada gambar 1.



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 1. Blok Diagram Alat (a) Remote Control (b) Camera

Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian “ RANCANG BANGUN KENDALI KAPAL JARAK JAUH BERBASIS *LoRa* “ dibagi menjadi dua perancangan alat yaitu pengujian alat atau komponen yang berada di atas kapal (Laut) dan yang kedua pengujian alat atau komponen yang berada di *remote* (Darat), dengan tambahan untuk sistem pengiriman signal yaitu menggunakan sistem *transmitter* dan *receiver*.

Rencana Pengujian

Rencana pengujian adalah suatu konsep pengujian terhadap alat yang dibuat untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada alat tersebut. Rencana pengujian yang dilakukan dipenelitian ini akan menggunakan dua metode yaitu secara statis dan dinamis.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian Komponen

a. Uji Coba Konstruksi Kapal

Konstruksi kapal *Unmanned Surface Vehicle* yang telah di rakit sedemikian rupa agar presisi dan stabil saat ditambahkan komponen elektronika di dalamnya. Uji coba dilakukan di kolam renang Poltekpel Surabaya.



Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024

Gambar 2. Uji Coba Konstruksi Kapal

b. Uji coba baterai

Uji coba baterai dilakukan dengan mengukur tegangan menggunakan AVO meter. Langkah-langkah yang diambil untuk mengukur tegangan output baterai pada berbagai tingkat muatan dan kondisi penggunaan.

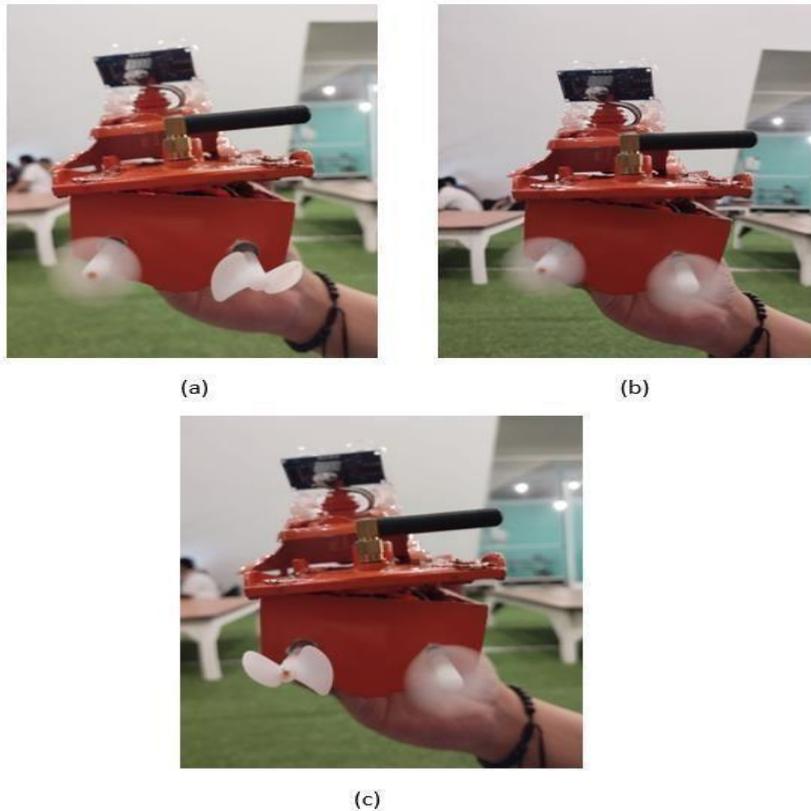


Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024

Gambar 3. Uji coba baterai

c. Uji coba *driver* motor L293D

Uji coba *driver* motor L293D dilakukan dengan menjalankan USV dan memperhatikan *propeller* bergerak sesuai perintah dari *remote*.



Sumber: Dokumen pribadi 2024

Gambar 4. Uji coba motor DC

Dari keterangan gambar didapatkan:

- a) Motor DC sisi kiri menggerakkan *propeller* kiri.
 - b) Motor DC sisi kiri dan kanan berputar bersamaan
 - c) Motor DC sisi kanan menggerakkan *propeller* kanan.
- d. Uji coba *ESP32*

Pengujian *ESP32* sebagai mikrokontroler ataupun penerima sekaligus pengontrol perintah yang diberikan oleh operator melalui *remote*. Uji coba dilakukan dengan melihat dan menyesuaikan perintah yang diberikan dengan keadaan yang diterima oleh USV di atas air.

e. Uji coba GPS Neo6m

Uji coba GPS pada USV dikalibrasi dengan menggunakan koordinat pada maps internet. GPS ini digunakan untuk mengetahui posisi koordinat USV dengan *real time*.



Sumber: Dokumen pribadi 2024

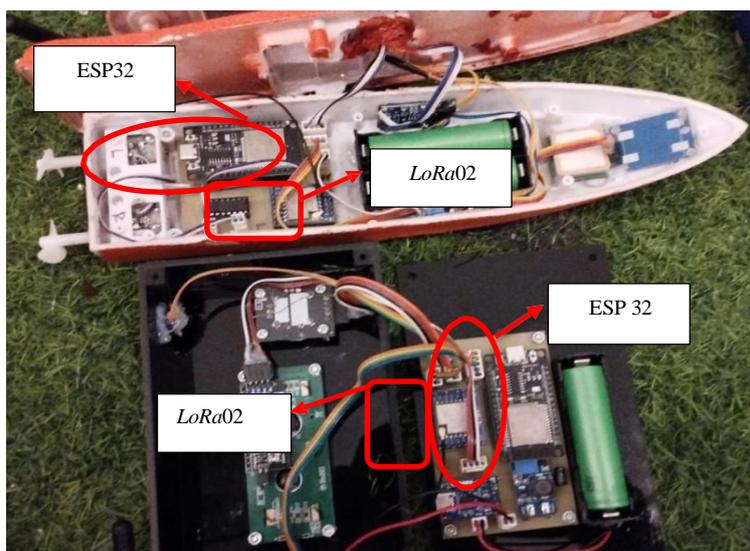
Gambar 5. Uji coba GPS Neo6m

f. Uji coba LoRa02

Pengujian ini dilakukan dengan cara uji coba secara menyeluruh untuk mengetahui setiap komponen berjalan dengan baik dan sesuai program yang telah ditetapkan.

Pengujian ini menggunakan baterai sebagai *power supply* yang dihubungkan pada masing-masing sistem.

Pengujian *LoRa02 transceiver* dan *receiver* menggunakan arduino uno. Data hasil pembacaan sensor diproses dengan ESP32 dikirim melalui *LoRa Ra-02 transceiver* kepada *LoRa Ra-02 receiver*. Didalam pengujian ini pembacaan sensor *LoRa Ra-02* diproses melalui ESP32 sebagai *transceiver* dan pembacaan sensor *LoRa Ra-02* diproses melalui ESP32 sebagai *receiver*.



Sumber: Dokumen pribadi 2024

Gambar 6. Uji coba LoRa02

g. Uji coba sensor ultrasonik

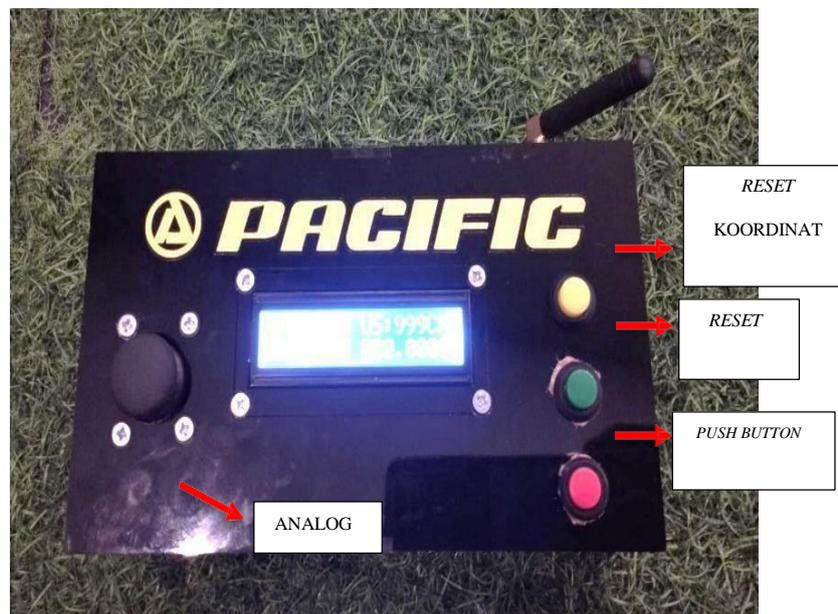
Uji coba sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui keakuratan sensor dalam mendeteksi jarak terhadap objek dan pada uji coba ini juga diambil data keakuratan sensor dalam mengambil keputusan.

h. Uji coba *buzzer*

Buzzer di uji coba dengan mendekatkan sebuah objek pada sensor ultrasonik kemudian *buzzer* akan berbunyi.

i. Uji coba *remote control*

Uji *remote* kontrol dengan mengoperasikan analog untuk mengendalikan USV.



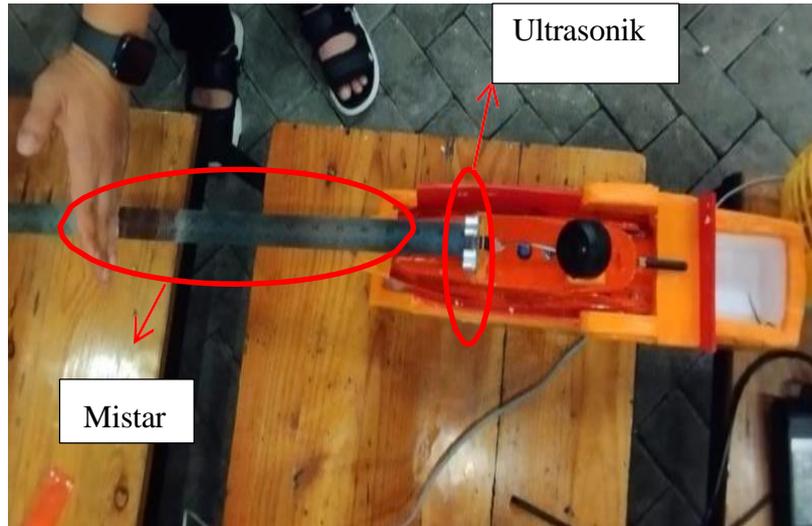
Sumber: Dokumen pribadi 2024

Gambar 7. Uji coba *Remote Control*

Penyajian Data

Pengujian Sensitifitas Sensor *Ultrasonic*

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan di kolam berenang Poltekkel Surabaya maka didapatkan hasil pengujian sensitifitas sesor *ultrasonic* yang didasari dengan jarak antara sensor dengan media penghalang yang ada di depannya. Cara pengujian sensor *ultrasonic* dihitung jaraknya menggunakan mistar sepanjang 1 meter seperti pada gambar 8.



Sumber: Dokumen pribadi 2024

Gambar 8. Pengujian Sensitifitas Sensor *Ultrasonic*

Berikut merupakan data dimana sensor *ultrasonic* bekerja yang ditandai dengan *buzzer* menyala.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensitifitas Sensor *Ultrasonic*

No.	Jarak Sensor dengan Penghalang	Respon <i>Buzzer</i>	
		<i>On</i>	<i>Off</i>
1.	10 cm	√	
2.	30 cm	√	
3.	60 cm	√	
4.	90 cm	√	
5	100 cm	√	
6.	130 cm		√
7.	150 cm		√

Sumber: Dokumen pribadi 2024

Dari hasil pengujian yang dilakukan maka didapatkan respon ultrasonik sesuai dengan jarak penghalang yang dibuat. Jarak pengujian terjauh yang dideteksi oleh sensor yaitu 100 cm atau 1 meter.

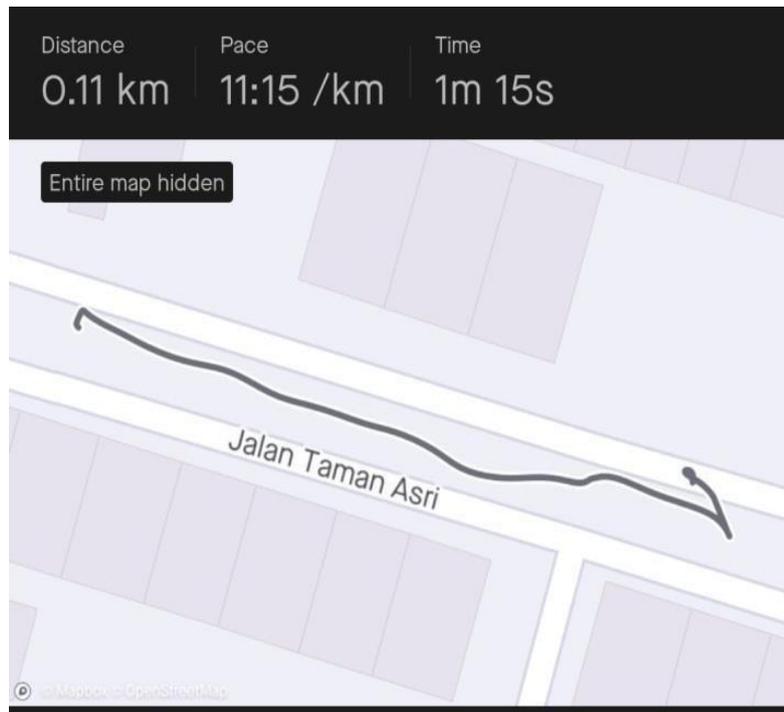
Respon sensor *ultrasonic*

Respon merupakan umpan balik dari sensor *ultrasonic* yang menangkap sebuah penghalang di depannya. Dari respon tersebut, USV maka *buzzer* akan menyala dan kapal di setting otomatis mundur selama 5 detik. Pada moment ini juga *controller* akan otomatis memblokir *remote* USV untuk maju.

Jarak jangkauan LoRa

Sesuai data *sheet LoRa02* mampu berkomunikasi antara *receiver* dengan *transmitter* dengan jarak 1,5 kilometer. Tetapi untuk menguji keakuratan jarak jangkauannya, dilakukan dengan uji coba di kolam berenang Poltekpel Surabaya dan di perumahan Pondok Candra Indah Surabaya. Adapun data respon dari motor yang didapatkan adalah:

- a. Lokasi Pondok Candra Indah



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 9. Uji Jarak

- b. Lokasi Kolam Berenang



Sumber: Dokumen pribadi 2024

Gambar 10. Pengujian jarak jangkauan LoRa

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensitifitas Sensor Ultrasonik

No.	Lokasi	Jarak (Meter)	Respon Bergerak	
			<i>On</i>	<i>Off</i>
1.	Kolam Berenang LOS (<i>Line Off Sigh</i>)	1	√	
		2		√
		3		√
		4		√
		5		√
		6		√
		7		√
		8		√
		9		√
		10		√
2.	Candra Indah LOS (<i>Line Off Sigh</i>)	1	√	
		2		√
		3		√
		4		√
		5		√
		6		√
		7		√
		8		√
		9		√
		10		√
		11		√
		12		√
		13		√

Sumber: Dokumen pribadi 2024

Line of sight (LOS) dan Non Line Off Sight (Non LOS)

Line of sight (LOS) adalah garis imajiner antara pengamat dan target. Dalam komunikasi, garis pandang adalah jalur langsung dari pemancar ke penerima dan penghalang yang mungkin jatuh di jalur itu. Garis pandang yang jelas penting untuk komunikasi berkecepatan tinggi. Garis pandang adalah jalur langsung antara dua titik. Ini disebut "garis pandang" karena jika seseorang berdiri pada satu titik, LOS akan menjadi jalan yang mereka lihat. Jika sebuah objek menghalangi pandangan, itu akan dianggap tidak terlihat atau garis pandang yang terhalang yang disebut dengan Non LOS. Dari hasil uji coba *LoRa* dengan kondisi LOS dan Non LOS maka didapatkan data seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian LoRa dalam kondisi LOS dan Non LOS

No.	Kondisi	Jarak (Meter)	Keterangan
1.	Kolam Berenang LOS (Line Off Sight)	20	Non delay
		40	Non delay
		60	Non delay
		80	Delay 1 detik
		100	Delay 2 detik
2.	Pondok Candra Indah Non LOS (Non Line Off Sight)	10	Non delay
		20	Non delay
		30	Non delay
		40	Non delay
		50	Delay 1 detik
		60	Delay 1 detik
		70	Delay 2 detik
		80	Tidak terjangkau
		90	Tidak terjangkau
		100	Tidak terjangkau

Sumber: Dokumen pribadi,2024

Pengiriman informasi kamera

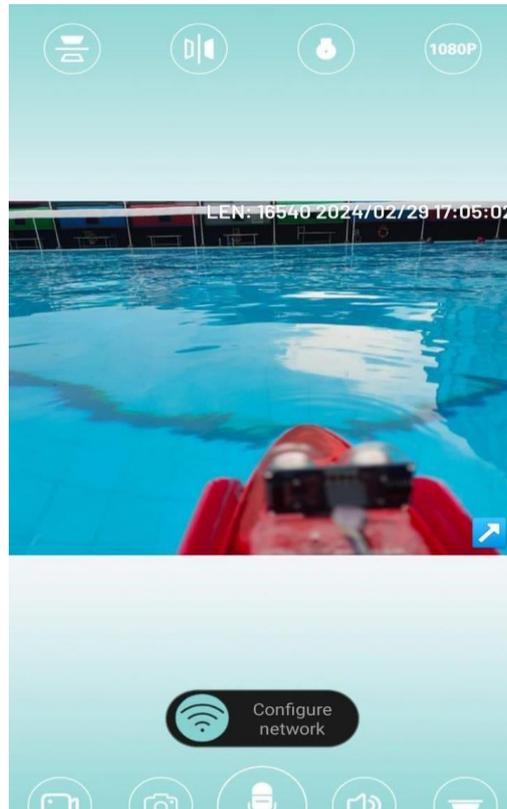
Pengiriman informasi oleh kamera nirkabel ini dapat dilakukan dengan dua cara, yang pertama menghubungkan langsung (*direct*) antara kamera nirkabel dengan *smartphone* dan yang kedua dengan cara menghubungkan perangkat pengirim (kamera nirkabel) dan *smartphone* sebagai perangkat penerima data ke *wifi* yang sama. Informasi dari kamera nirkabel ini dapat dipantau sejauh mungkin selama kamera dan *smartphone* mendapatkan koneksi internet. Untuk pembacaan hasil pembacaan situasi dari kamera nirkabel menggunakan aplikasi *HD Wifi Cam Pro*.



Sumber: Dokumen pribadi 2024

Gambar 11. Aplikasi HDWiFiCam Pro

Hasil tampilan pada aplikasi *HDWiFiCam Pro* dapat dilihat pada gambar 4.11 yang dimana menampilkan beberapa indikator.



Sumber: Dokumen pribadi 2024

Gambar 12. Tampilan Aplikasi HDWiFiCam Pro

Penyajian data koordinat oleh GPS

Perangkat GPS juga dipasang pada USV ini untuk mendapatkan Koordinat. Sistem penanda lokasi di permukaan bumi yang dinyatakan dalam bentuk derajat lintang (latitude) dan bujur (longitude). Sistem ini digunakan untuk menunjukkan lokasi yang sangat spesifik.

Koordinat GPS pada USV ini dinyatakan dalam dua komponen utama:

- a. ***Lintang (Latitude):*** Menunjukkan seberapa jauh lokasi berada di utara atau selatan garis khatulistiwa. Nilainya berkisar antara -90° (kutub selatan) hingga $+90^{\circ}$ (kutub utara). Lintang positif menunjukkan lokasi di utara khatulistiwa, sedangkan lintang negatif menunjukkan lokasi di selatan.
- b. ***Bujur (Longitude):*** Menunjukkan seberapa jauh lokasi berada di timur atau barat meridian utama (Prime Meridian), yang melewati Greenwich, Inggris. Nilainya berkisar antara -180° hingga $+180^{\circ}$. Bujur positif menunjukkan lokasi di timur meridian utama, sementara bujur negatif menunjukkan lokasi di barat.

Latitude	Longitude	Depth	Temperature	Time
6.54	33.0	9 m	25°	13-10 00:00:10
6.57	33.0	9 m	25°	13-10 00:00:12
6.57	33.0	9 m	27°	13-10 00:00:14
6.54	33.0	9 m	33°	13-10 00:00:16
6.54	33.0	9 m	35°	13-10 00:00:18
6.46	33.0	9 m	39°	13-10 00:00:20
6.46	33.0	9 m	41°	13-10 00:00:22
6.43	33.0	9 m	42°	13-10 00:00:24
6.43	33.0	9 m	55°	13-10 00:00:26
6.43	33.0	9 m	62°	13-12 00:00:28
6.46	33.0	9 m	73°	13-12 00:01:10
6.41	33.0	9 m	74°	13-12 00:01:12
6.41	33.0	9 m	74°	13-12 00:01:14
6.35	32.0	9 m	75°	13-14 00:01:16

Latitude	Longitude	Depth	Temperature	Time
6.54	33.0	9 m	25°	14-30 00:00:10
6.57	33.0	9 m	25°	14-30 00:00:12
6.57	33.0	9 m	30°	14-30 00:00:14
6.54	33.0	9 m	35°	14-30 00:00:16
6.54	33.0	9 m	35°	14-30 00:00:18
6.46	33.0	9 m	40°	14-30 00:00:20
6.46	33.0	9 m	45°	14-30 00:00:22
6.43	33.0	9 m	45°	14-30 00:00:24
6.43	33.0	9 m	55°	14-30 00:00:26
6.43	33.0	9 m	60°	14-30 00:00:28
6.46	32.0	9 m	75°	14-30 00:01:10
6.41	32.0	9 m	75°	14-30 00:01:12
6.41	32.0	9 m	90°	14-30 00:01:14
6.35	32.0	9 m	90°	14-30 00:01:16

Latitude	Longitude	Depth	Temperature	Time
6.77	33.0	9 m	33°	09-30 00:00:10
6.77	33.0	9 m	33°	09-30 00:00:12
6.79	33.0	9 m	34°	09-30 00:00:14
6.80	33.0	9 m	35°	09-30 00:00:16
6.81	33.0	9 m	35°	09-30 00:00:18
6.82	33.0	9 m	43°	09-30 00:00:20
6.85	33.0	9 m	44°	09-30 00:00:22
6.86	33.0	9 m	54°	10-30 00:00:24
6.86	33.0	9 m	65°	10-30 00:00:26
6.89	33.0	9 m	77°	10-30 00:00:28
6.91	32.0	9 m	81°	10-30 00:01:10
6.93	32.0	9 m	83°	10-30 00:01:12
6.98	32.0	9 m	90°	10-30 00:01:14
6.99	32.0	9 m	90°	10-30 00:01:16

Latitude	Longitude	Depth	Temperature	Time
6.76	33.0	9 m	30°	16-27 00:00:10
6.74	33.0	9 m	30°	16-27 00:00:12
6.74	33.0	9 m	30°	16-27 00:00:14
6.76	33.0	9 m	37°	16-27 00:00:16
6.74	33.0	9 m	37°	16-27 00:00:18
6.76	33.0	9 m	40°	16-28 00:00:20
6.76	33.0	9 m	45°	16-28 00:00:22
6.79	33.0	9 m	45°	16-28 00:00:24
6.82	33.0	9 m	55°	16-28 00:00:26
6.85	33.0	9 m	60°	16-28 00:00:28
6.85	33.0	9 m	75°	16-30 00:01:10
6.85	33.0	9 m	75°	16-30 00:01:12
6.85	33.0	9 m	77°	16-30 00:01:14
6.87	33.0	9 m	79°	16-30 00:01:16

Sumber: Dokumen pribadi 2024

Gambar 13. Data Koordinat Kapal

Analisa Data

Analisa pengiriman data oleh LoRa

Dalam uji coba ini, kami menggunakan dua perangkat LoRa dan ESP32 dalam mengukur jarak efektif di mana perangkat ini dapat menjaga koneksi dengan baik. Dengan menggunakan dua kondisi yaitu, dengan kondisi LOS dan NON- LOS.

Saat penulis melakukan pengujian, hasil pengukuran menunjukkan bahwa dalam kondisi LOS, jangkauan LoRa-02 dapat mencapai 100 meter dengan tingkat keberhasilan transmisi data sebesar 100% di jarak 70 meter sementara transmisi sebesar 80% di jarak >70-100 meter.

Hasil uji coba NLOS menunjukkan adanya penurunan jangkauan, di mana perangkat LoRa-02 terhalang dengan adanya topografi pepohonan besar, dalam kondisi ini LoRa-02 masih dapat mentransmisikan data secara efektif dalam rentang 50 meter saja dan di jarak 70 meter LoRa tidak dapat mengirimkan sinyalnya lagi. Dari data ini, penulis menyimpulkan bahwa faktor-faktor lingkungan memegang peranan penting dalam menentukan kinerja LoRa di lapangan.

Analisa pengiriman data oleh Kamera Nirkabel

Pengiriman data dari kamera nirkabel berupa gambar dan *timestamp* yang ditampilkan secara *realtime*. Tampilan yang diambil dari kamera nirkabel ini hanya digunakan untuk monitoring keadaan di lapangan secara visual dan dapat dipantau dari jarak jauh.

Analisa pengiriman koordinat oleh GPS

Pengiriman data koordinat berupa lalitude dan longitude pergerakan kapal disajikan realtime pada LCD remote USV. Dan data tersebut ditampilkan dan diramukan dalam microsoft excel.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sesuai dengan batasan masalah, perancangan sistem, pengujian alat, perakitan alat serta telah dilakukan analisis data RANCANG BANGUN KENDALI KAPAL JARAK JAUH BERBASIS *LoRa* menggunakan ESP32 dengan monitoring jarak jauh dengan sistem komunikasi jaringan *LoRa-02* diambil kesimpulan bahwa:

- 1) Kapal tanpa awak dirancang dengan kamera dan perangkat optik lainnya untuk mengambil gambar atau video dari area yang sedang dipantau. Data gambar ini dapat memberikan visualisasi langsung dari kondisi di lapangan, seperti keberadaan kapal atau benda lainnya, aktivitas di permukaan laut, atau kondisi lingkungan tertentu. Gambar gambar ini bisa dalam bentuk foto statis atau rekaman video yang memungkinkan analisa lebih mendetail terkait situasi atau objek yang terdeteksi. Pengiriman data dari kamera nirkabel berupa gambar yang dilengkapi *timestamp* secara *realtime*. Tampilan yang diambil dari kamera nirkabel ini hanya digunakan untuk monitoring keadaan di lapangan secara visual dan dapat dipantau dari jarak jauh. Data ordinat, selain gambar, kapal tanpa awak juga mengirimkan data ordinat, yang berupa koordinat lokasi geografis tempat gambar gambar tersebut diambil. Koordinat ini biasanya diberikan dalam format *lalitude* dan *longitude*, yang menunjukkan posisi kapal pada saat data diambil. Dengan menggabungkan data gambar dan ordinat ini, pengguna dapat melakukan analisis yang lebih mendalam, seperti melacak pergerakan objek, mengidentifikasi pola di setiap pergerakan pada kapal, atau melakukan pemantauan lingkungan secara efektif. Data ini sangat berguna dalam berbagai aplikasi, mulai dari keamanan maritim hingga penelitian ilmiah dan manajemen sumber daya alam.

- 2) Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dalam kondisi LOS, jangkauan *LoRa-02* dapat mencapai 100 meter dengan tingkat keberhasilan transmisi data sebesar 100% di jarak 70 meter sementara transmisi sebesar 80% di jarak >70-100 meter. Hasil uji coba NLOS menunjukkan adanya penurunan jangkauan, di mana perangkat *LoRa-02* terhalang dengan adanya topografi pepohonan besar, dalam kondisi ini *LoRa-02* masih dapat mentransmisikan data secara efektif dalam rentang 50 meter saja dan di jarak 70 meter *LoRa* tidak dapat mengirimkan sinyalnya lagi. Jadi jarak batas maksimal yang bisa ditempuh oleh kapal survei dengan jaringan *LongRange* dalam kondisi LOS adalah 100 meter dan maksimal 50 meter dalam kondisi NLOS.

Saran

Berdasarkan pembuatan dan pengujian alat yang peneliti lakukan, Peneliti menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam membuat RANCANG BANGUN KENDALI KAPAL JARAK JAUH BERBASIS *LoRa* menggunakan ESP32 berbasis komunikasi jaringan *LoRa Ra-02*. Diharapkan dengan saran yang peneliti berikan dapat dikembangkan dan diperbaiki untuk kedepannya agar menjadi lebih sempurna lagi. Saran yang peneliti berikan adalah sebagai berikut:

- 1) Pengujian menggunakan tipe *LoRa* yang berspesifikasi tinggi untuk mendukung kualitas transmisi sinyal.
- 2) Mencoba untuk menambahkan umpan balik dari penangkapan kamera pada kapal.

REFERENSI

- Dewi, A. (2023). *Definisi dan teknologi kendaraan otonom*. Jakarta: Penerbit Teknologi Maju.
- Dewi, A. (2023). *Kamera nirkabel: Teknologi dan aplikasinya*. Jakarta: Penerbit Teknologi Canggih.
- Hadi, S. (2023). *Teknologi sensor ultrasonik: Prinsip dan aplikasi*. Jakarta: Penerbit Teknologi Canggih.
- Hendrik, A. (2022). *Teknologi frekuensi radio: Konsep dan aplikasi*. Yogyakarta: Penerbit Teknologi Elektronik.
- Hughes, E., & Hiley, D. (2013). *Electrical and electronic technology* (9th ed.). Pearson.
- Johnson, T. (2020). *Practical battery charging*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-36327-0>
- Liu, H. (2021). *Power electronics: DC-DC converter basics*. Electronics Publishing.

- López, J. (2018). *Mastering ESP32: Programming with the ESP32 development board*. Packt Publishing.
- Misra, P., & Enge, P. (2011). *Global positioning system: Signals, measurements, and performance* (2nd ed.). Ganga-Jamuna Press.
- Rina, M. (2022). *Dasar-dasar motor DC dan penggunaannya*. Bandung: Penerbit Inovasi Teknologi.
- Sommerville, I. (2016). *Software engineering* (10th ed.). Pearson.
- Susanto, B. (2023). *Teknologi antena: Prinsip dan aplikasi*. Jakarta: Penerbit Komunikasi dan Teknologi.
- Zhang, L., Xu, W., & Zhao, J. (2020). Design and analysis of piezoelectric buzzers for electronic devices. *Journal of Electronic Materials*, 49(12), 7023-7032. <https://doi.org/10.1007/s11664-020-08008-3>