



Sistem Bangun Kontrol Kapal Menggunakan Metode LoRa

Reza Putra Susanto^{1*}, Diana Alia², Agus Prawoto³

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

*Korespondensi penulis: rezaputrasusanto@gmail.com

Abstract. *Unmanned Surface Vehicle (USV) is an unmanned vehicle that is currently being developed in Indonesian waters for the purposes of depth surveys in waters that combine autonomous navigation frames, environmental sensors, multibeam echosounders to collect topography, temperature, and other data that are utilized for the world of shipping. Researchers tested an unmanned ship tool that can move automatically and can determine the direction to a predetermined location. Output. The test results show that the unmanned ship can walk to the planned route. This unmanned ship is equipped with a Micro Air M10G GPS sensor, LoRa Sensor, Arduino Mega 2560 Pro Sensor... In testing as many as 15x experiments were carried out including 10x experiments carried out to turn right and 5x experiments with turning left. The experiments carried out were very effective and according to what had been planned, but there were 4x experiments that had differences from 11x experiments due to water waves and winds that were too large so that the ship was unstable.*

Keywords: *Arduino Mega 2560 Pro, LoRa, GPS Micro Air M10G, Unmanned Ship.*

Abstrak. *Unmanned Surface Vehicle (USV) adalah kendaraan tanpa awak yang saat ini mulai dikembangkan di perairan Indonesia untuk keperluan survey kedalaman pada perairan yang menggabungkan kerangka navigasi otonom, sensor lingkungan, *echosounder multibeam* untuk mengumpulkan topografi, suhu, dan data lainnya yang dimanfaatkan untuk dunia pelayaran.. Peneliti melakukan pengujian Alat kapal tanpa awak yang bisa bergerak otomatis dan dapat menentukan arah ke lokasi yang telah di tentukan. Output. Hasil pengujian menunjukkan kapal tanpa awak bisa berjalan ke rute yang telah di rencanakan kapal tanpa awak ini di lengkapi dengan sensor GPS Micro Air M10G, Sensor LoRa, Sensor Arduino Mega 2560 Pro.. Dalam pengujian sebanyak 15x percobaan yang dilakukan di antaranya 10x percobaan dilakukan untuk berbelok ke kanan dan 5x percobaan dengan berbelok ke kiri. Percobaan yang dilakukan sangat efektif dan sesuai yang telah direncanakan namun ada 4x percobaan yang memiliki perbedaan dari 11x percobaan yang di karenakan glombang air dan angin yang telalu besar sehingga kapal tidak stabil.*

Kata Kunci: *Arduino Mega 2560 Pro, GPS Micro Air M10G, Kapal Tanpa Awak, LoRa.*

1. PENDAHULUAN

Unmanned Surface Vehicle (USV) adalah kendaraan tanpa awak yang saat ini mulai dikembangkan di perairan Indonesia untuk keperluan survey kedalaman pada perairan yang menggabungkan kerangka navigasi otonom, sensor lingkungan, *echosounder multibeam* untuk mengumpulkan topografi, suhu, dan data lainnya yang dimanfaatkan untuk dunia pelayaran. Penggunaan USV memiliki banyak keuntungan, antara lain dapat mengurangi resiko kecelakaan para pekerja survey yang harus melakukan survey di tempat yang berbahaya yang sulit dijangkau oleh manusia, dan tidak mengganggu alur pelayaran. Perilaku tidak aman merupakan faktor terbesar penyebab kecelakaan yang disebabkan oleh tindakan salah yang dilakukan oleh manusia. Meskipun pada dasarnya ada penyebab lain yang tidak terlihat dari kecelakaan kapal yang mempengaruhi kategori ini. Umumnya perilaku tidak aman tersebut

terjadi karena kesalahan manusia dalam mengendalikan kapal, antara lain kesalahan dalam menilai situasi dan kesalahan dalam pelacakan keadaan sekitar (Cahyatusila & Pratama, 2022)

Peneliti bertujuan untuk membuat suatu rancangan alat yang bisa untuk menjalankan kapal ke beberapa titik yang telah ditentukan secara otomatis sebagai *prototype* kapal tanpa awak. Hal ini bertujuan untuk menjadikan penelitian ini sebagai pengembangan kapal yang bisa dijalankan ke beberapa titik yang telah ditentukan supaya bisa berjalan dengan semestinya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kapal Unmanned

Kapal *Unmanned* atau kapal tanpa awak adalah kapal yang dapat bergerak otomatis bisa dibilang *autopilot*. (Kurniawan, 2022) *Autopilot* adalah modul berbasis open-source paling berkembang untuk modul *autopilot*. Baik *autopilot* untuk pesawat (*Arduplane*), *multicopter* (*Arducopter*) dan juga kendaraan darat (*Ardurover*). Modul ini menggunakan mikrokontroler Arduino yang sangat popular di bidang instrumentasi.

Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah alat yang beroperasi dengan memanfaatkan pantulan gelombang suara untuk mengidentifikasi keberadaan suatu objek tertentu yang berada di depannya. Sensor ultrasonik terdiri dari dua komponen utama, yaitu unit pemancar dan unit penerima. Kedua unit ini bekerja bersama untuk menghasilkan informasi yang diperlukan. Rentang frekuensi kerjanya berkisar antara 40 KHz hingga 400 KHz, yang berada di atas rentang gelombang suara. Gambar 2.1 merupakan sensor Ultrasonik dan Gambar 2.2 konsep sensor ultrasonik

Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pro

Arduino Nano adalah papan mikrokontroler yang merupakan salah satu produk dari keluarga Arduino, yang terkenal dengan kemudahan penggunaannya dan aplikasi dalam berbagai proyek elektronik. Arduino Nano dirancang untuk memberikan fungsionalitas yang sama seperti papan Arduino lainnya, tetapi dalam ukuran yang lebih kecil dengan tegangan beroprasi sebesar 5V, peneliti menggunakan arduino nano dengan pertimbangan ukuran yang kecil dan portabel untuk memungkinkan dalam proyek papan kecil di dalam ruang terbatas.

LoRa (*Long Range*)

LoRa adalah teknologi nirkabel yang penting dalam dunia *Internet of Things (IoT)*. Fungsinya yaitu memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi jarak jauh dengan efisien memakai daya yang minimal. Sebagai contoh, bisa dipakai untuk mengirimkan data dari sensor-sensor yang berada di tempat terpencil ke internet. Singkatnya, LoRa membantu menghubungkan berbagai perangkat dalam jaringan IoT.

Sensor GPS Micro Air M10G (*Global Positioning System*)

Sensor GPS Micro Air M10G adalah salah satu sensor GPS yang digunakan untuk mendapatkan data posisi geografis berupa koordinat (lintang dan bujur), kecepatan, serta informasi waktu. Sensor ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem navigasi, pelacakan kendaraan, sistem pengukuran geospasial, dan lain-lain.

Motor DC (*Direct Current*)

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah, jenis motor listrik yang beroperasi dengan arus searah. Motor ini mengubah energi listrik menjadi energi mekanik menggunakan prinsip elektromagnetik. Motor DC sangat populer karena kemudahan dalam pengaturan kecepatan dan arah putaran, serta desainnya yang sederhana dan efisien. Gambar 2.6 merupakan benduk dari Motor DC

Servo Motor DC MG996R 180 Derajat

Servo Motor adalah perangkat listrik yang digunakan pada mesin industri pintar yang berfungsi untuk mendorong atau memutar objek dengan kontrol yang dengan presisi tinggi dalam hal posisi sudut, akselerasi dan kecepatan, sebuah kemampuan yang tidak dimiliki oleh motor biasa. Gambar 2.7 menunjukkan servo yang akan digunakan pada Karya Ilmiah Terapan ini. Perangkat ini akan dipasang dibagian rudder kapal.

Propeller (baling-baling)

Propeller (baling-baling) merupakan salah satu bagian penggerak kapal yang terpenting. Secara umum, propeller disambungkan dengan poros engine kapal sehingga terjadi perputaran yang menyebabkan propleer berputar dan menghasilkan gaya dorong. Prinsip utama kerja propeller adalah mendorong air ke belakang untuk mendorong kapal ke depan, berikut pada Gambar 2.8 bentuk propeller yang akan digunakan pada kapal otomatis ini.

Driver Motor L298N

Driver L298 dengan supply tegangan maksimum hingga 46 volt dan total arus DC sampai dengan 4A. Pengaturan kecepatan motor dilakukan dengan cara pengontrolan lama pulsa aktif (metode PWM *Pulse Width Modulation*) yang dikirimkan kerangkaian driver motor dari mikrokontroler menjadi masukkan ke pin EN (Enable) L298N, sedangkan IN 1 dan IN 2 mendapat masukan sumber tetap. Gambar 2.9 perangkat tersebut merupakan contoh Driver Motor.

Sensor Kompas

Sensor kompas, juga dikenal sebagai sensor magnetometer, adalah perangkat yang mengukur medan magnet di sekitar sensor untuk menentukan arah relatif terhadap kutub magnetik Bumi. Sensor ini sangat berguna dalam aplikasi yang memerlukan orientasi atau navigasi, seperti dalam sistem navigasi kendaraan, robot, perangkat wearable, dan aplikasi ponsel pintar. Dengan data dari sensor, perangkat dapat menentukan arah utara, selatan, timur, dan barat. Ini berguna untuk navigasi dan orientasi.

LM2596 Steap Down 12V to 5V

Alat yang digunakan untuk menurunkan tegangan listrik dari 12 volt DC (arus searah) ke 5 volt DC disebut **step-down converter** atau **buck converter**. Alat ini berguna ketika Anda memiliki sumber daya 12 volt dan ingin menyalaikan perangkat elektronik yang membutuhkan daya 5 volt. Alat ini untuk menurunkan tegangan Ardiuno nano yg membutuhkan tegangan 5v.

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode eksperimental digunakan. Tujuan metode eksperimental adalah untuk menguji hipotesis yang akan diajukan dan berguna untuk memprediksi suatu kejadian. Karena penelitian ini melibatkan pengembangan alat (prototype) dan melakukan eksperimen untuk menguji seberapa efektif alat tersebut, penulis menganggap metode ini sangat cocok untuk menyelesaikan penelitian ini. Penelitian berlokasi di kolam renang Politehnik Pelayaran Surabaya. Dimana nanti kapal tersebut akan di uji coba jalan dengan titik awal A menuju titik tujuan B lalu dilanjutkan akan ke tujuan akhir C. Setelah pengujian pertama telah selesai maka selanjutnya kapal akan di uji dengan rute yang sama yaitu dari A ke B ke C tetapi dengan track dan jalur yang berbeda.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penyajian Data

Pengujian ini ialah langkah penting dalam menguji efektivitas dan keakuratan dari sensor GPS, yang digunakan pada kapal otomatis yang akan di uji. Pengujian dilakukan pada beberapa titik koordinat pada tempat (Kolam Renng). Titik pengujian memiliki 3 titik koordinat yang akan di uji. Berikut ini adalah data masing masing titik koordinat yang akan di uji.



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 1. *Ship Trial* Pelabuhan Pertama

Pada gambar 1 kapal menunjukkan posisi di pelabuhan awal yang akan bersiap menuju pelabuhan ke 2 yaitu pelabuhan tujuan 2. Di gambar tersebut kapal sudah mendapatkan data longitude dan latitude yang dimana data tersebut bisa sewaktu wktu berubah sesuai dengan posisi terahir. Kapal ini bergerak menggunakan ruder yang di gerakan oleh servo. Ruder adalah bagian penting dalam sistem pengendalian kapal, yang berfungsi untuk mengarahkan kapal ke arah yang diinginkan. Biasanya, rudder terletak di bagian belakang kapal dan digerakkan oleh sistem kemudi yang terhubung ke mesin kapal.



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 2. *Ship Trial* Pelabuhan Kedua

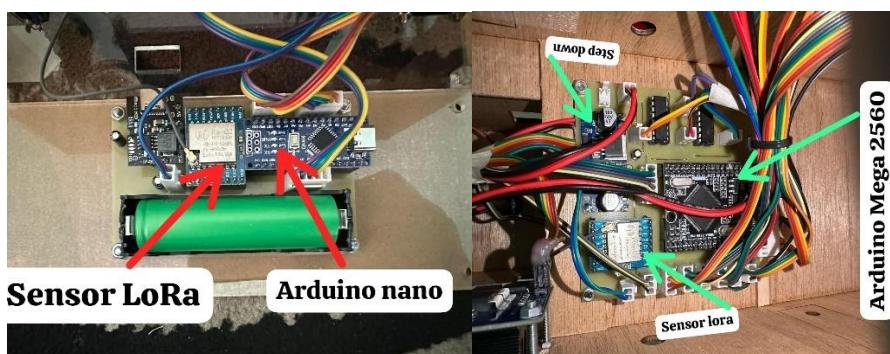
Pada gambar 2 kapal tersebut telah sampai di titik tujuan pertama. Kapal tersebut setelah memasuki pelabuhan tujuan pertama kapal telah mengirim data longitude dan latitude. Data tersebut dapat terbaca oleh kapal dikarenakan kapal tersebut memiliki sensor GPS yang mampu membaca koordinat yang sedang dilewati. GPS adalah perangkat yang digunakan untuk menentukan lokasi atau posisi suatu objek di Bumi dengan menerima sinyal dari satelit GPS. Sensor ini menghitung posisi berdasarkan waktu yang dibutuhkan sinyal dari satelit untuk mencapai sensor, yang memungkinkan penentuan koordinat geografis (latitude, longitude, dan ketinggian) secara akurat. GPS banyak digunakan dalam navigasi, pelacakan, dan pemetaan.



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 3. Ship Trial Pelabuhan Ketiga

Di lakukan uji coba pada gambar 3 kapal telah masuk pada pelabuhan akhir yaitu pelabuhan ke 3 sesuai dengan koordinat yang telah di kirim lewat Lora. Pada data tersebut dapat di identifikasi oleh sensor GPS yang mampu membaca koordinat pada area tersebut.



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 4. Rangkaian Sistem Kapal Tanpa Awak

Pada gambar 4 di atas adalah rangkaian sistem komponen yang ada pada kapal tanpa awak. Pada gambar di atas menunjukkan sensor LoRa yang berfungsi sebagai pengirim data antara stasiun kontrol dengan kapal. Arduino nano yang digunakan pada remot yang menjadi

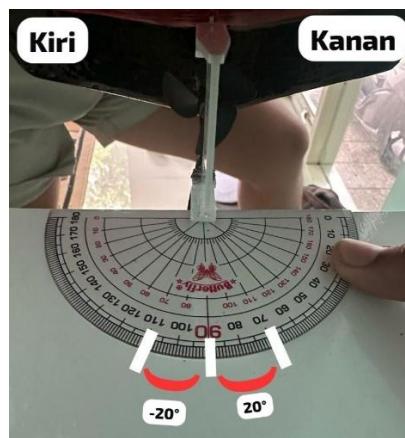
stasiun kontrol kapal tanpa awak yang berfungsi untuk menjadi otak pada remot atau stasiun kontrol. Pada gambar di sampingnya ada arduino mega yang berfungsi sebagai otak pada kapal tanpa awak. Step down yang ada di kapal di gunakan untuk menurunkan tegangan yang ada di kapal. Sensor lora yang ada di kapal digunakan untuk mengirimkan data posisi terkini kapal ke stasiun kontrol.



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 4. Rangkaian Sistem Kontrol Kapal

Pada gambar 5 menunjukkan driver motor yang di pakai pada kapal tanpa awak yang berfungsi sebagai mengatur putaran propeler. Sensor GPS yang ada di gambar tersebut digunakan pada kapal tanpa awak yang berfungsi untuk rute kapal dan pendekripsi koordinat titik kapal. Motor servo yang berfungsi untuk menggerakkan daun kemudi kapal yang di gunakan pada kapal tanpa awak uang dimana motor serfo bisa tergerak ke kanan dan ke kiri sesuai laju yang akan di rencanakan.



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 5. Rudder Kapal

Pada Gambar 6 Menunjukan gambar rudder kapal atau biasa di sebut dengan daun kemudi. Ruder kapal berperan penting dalam proses lajunya kapal yang di gunakan untuk membelok atau mengubah arah laju kapal. Pada gambar tersebut ada keterangan kanan dan kiri. Dimana ketika kapal belok ke kiri ruder akan bergerak ke kiri yang menunjukan angka pada busur -20° dan ketika kapal belok ke kanan rudder akan bergerak ke kanan yang menunjukan busur di angka 20° .

Analisis Data

Titik Pertama



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 6. Titik Koordinat Pertama

Pada gambar di atas menunjukan titik koordinat awal dengan *Longitude*: 112.795100 dan *Latitude* : -7.343744. Pada titik koordinat awal ini dilakukan beberapa kali pengambilan data GPS saat pengujian berikut ini adalah data tabel pengujianya

Tabel 1. Hasil Pengujian

No	Latitude	Longitude	Rudder	Propeler
1	-7.343.800	112.795.150	15°	ON
2	-7.343.600	112.795.100	15°	ON
3	-7.343.500	112.795.030	15°	ON
4	-7.343.900	112.795.250	20°	ON
5	-7.344.000	112.795.050	15°	ON
6	-7.344.100	112.795.300	15°	ON
7	-7.343.200	112.795.400	25°	OFF
8	-7.344.300	112.795.500	15°	ON
9	-7.343.400	112.794.950	20°	ON
10	-7.343.300	112.795.150	15°	ON
11	-7.343650	112.794980	-20°	ON
12	-7.344650	112.794970	-25°	OFF
13	-7.344660	112.794990	-25°	OFF
14	-7.344680	112.794960	-20°	ON
15	-7.344680	112.794960	-20°	ON

Pada pengujian pertama sensor GPS mengirimkan data kurang akurat dan GPS beberapa kali tidak dapat mengirimkan titik koordinat pada kapal yang mengakibatkan perlu dilakukannya pengujian sebanyak 15 kali untuk memastikan ketepatan alat yang di uji. GPS bisa menjadi tidak akurat jika pergerakan sensor GPSnya tidak stabil, seperti saat berada di area dengan banyak hambatan (misalnya gedung tinggi atau pepohonan lebat), atau saat perangkat bergerak terlalu cepat. Ketika GPS bergerak cepat atau tidak stabil, sinyal yang diterima dari satelit bisa terdistorsi, yang mengakibatkan kesalahan dalam penghitungan posisi. Hal ini juga bisa terjadi karena kesalahan waktu sinyal atau gangguan atmosfer yang mempengaruhi akurasi pengukuran.

Titik Kedua



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 7. Pengambilan Data Tujuan Pertama

Pada gambar di atas menunjukan titik koordinat tujuan pertama (LT 1) dengan *Longitude*: 112.795200 dan *Latitude* : -7.343611. Pada titik koordinat awal ini dilakukan beberapa kali pengambilan data GPS saat pengujian berikut ini adalah data tabel pengujianya.

Tabel 2. Hasil Pengujian Tujuan Awal

No	Latitude	Longitude	Rudder	Propeler
1	-7.343.511	112.795.300	15°	ON
2	-7.343.711	112.795.100	15°	ON
3	-7.343.611	112.795.200	20°	ON
4	-7.343.811	112.795.100	25°	OFF
5	-7.343.511	112.795.100	15°	ON
6	-7.343.611	112.795.300	15°	ON
7	-7.343.711	112.795.300	25°	OFF
8	-7.343.411	112.795.200	25°	OFF
9	-7.343.611	112.795.400	20°	ON
10	-7.343.711	112.795.400	20°	ON
11	-7.343660	112.7951400	-20°	ON
12	-7.343650	112.7951600	-20°	ON
13	-7.343670	112.7951500	-20°	ON
14	-7.343660	112.7951800	-25°	OFF
15	-7.343680	112.7951700	-20°	ON

Pada pengujian yang dilakukan pelabuhan tujuan ke dua GPS mengalami kendala pada pembacaan koordinat. Maka dari itu pengujian dilakukan 15 kali dengan 10 kali kapal bergerak ke kanan dan 5 kali kapal bergerak ke kiri hingga bisa mendapatkan hasil koordinat yang sesuai dengan yang di tetapkan.

Titik Tujuan Akhir



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 8. Pengambilan Data Tujuan Akhir

Pada gambar di atas menunjukkan titik koordinat awal dengan *Longitude*: 112.795200 dan *Latitude* : -7.343603. Pada titik koordinat awal ini dilakukan beberapa kali pengambilan data GPS saat pengujian berikut ini adalah data tabel pengujianya

Tabel 3. Hasil Pengujian Tujuan Akhir

No	Latitude	Longitude	Rudder	Propeler
1	-7.343.503	112.795.300	25°	OFF
2	-7.343.703	112.795.100	25°	OFF
3	-7.343.603	112.795.200	25°	OFF
4	-7.343.803	112.795.100	20°	ON
5	-7.343.503	112.795.100	20°	ON
6	-7.343.603	112.795.300	20°	ON
7	-7.343.703	112.795.300	15°	ON
8	-7.343.403	112.795.200	15°	ON
9	-7.343.603	112.795.400	15°	ON
10	-7.343.703	112.795.400	25°	OFF
11	-7.343500	112.795160	-20°	ON
12	-7.343510	112.795180	-20°	ON
13	-7.343500	112.795170	-25°	OFF
14	-7.343530	112.795190	-20°	ON
15	-7.343510	112.795180	-20°	ON

Pada pelabuhan akhir koordinat yang di baca oleh GPS masih belum maksimal dikarenakan gps membaca titik kapal terkini. Dikarenakan kapal yang terlalu ringan dan mudah goyang terkena angin dan glombang air maka koordinat kapal kurang akurat sehingga dilakukan pengujian sebanyak 15 kali dengan rata rata latitde yang di dapatkan -7.3435328 dan

longitude 112.795340 hasil tersebut adalah rata rata koordinat yang telah di dapatkan sebanyak 15 kali.

Tabel 4. Hasil Waktu Pengujian

NO	TITIK A KE B	DURASI	TITIK B KE C	DURASI	JARAK
1	14.25 - 14.30	5 Menit	14.30 - 14.35	5 Menit	10 m
2	14.50 - 14.55	5 Menit	14.55 - 15.00	5 Menit	10 m
3	15.10 -15.06	6 Menit	15.06 - 15.11	5 Menit	10 m
4	15.15 - 15.20	5 Menit	15.20 - 15.25	5 Menit	10 m
5	15.30 - 15.36	6 Menit	15.36 - 15.41	5 Menit	10 m
6	15.50 - 15.45	5 Menit	15.45 - 15.50	5 Menit	10 m
7	16.00 - 16.05	5 Menit	16.05 - 16.06	6 Menit	10 m
8	16.10 - 16.15	5 Menit	16.15 - 16.20	5 Menit	10 m
9	16.25 - 16.30	5 Menit	16.30 - 16.30	5 Menit	10 m
10	16.40 - 16-45	5 Menit	16.45 - 16.50	5 Menit	10 m
11	15.05 - 15.10	5 Menit	15.10 - 15.15	5 Menit	10 m
12	15.20 - 15.25	5 Menit	15.25 - 15.30	5 Menit	10 m
13	15.35 - 15.36	6 Menit	15.36 - 15.41	5 Menit	10 m
14	15.50 - 15.56	6 Menit	15.56 - 16.01	5 Menit	10 m
15	16.05 - 16.10	5 Menit	16.10 - 16.15	5 Menit	10 m

Pada tabel di atas menunjukkan waktu hasil pengujian sebanyak 15 kali. Pada nomor 1 sampai 10 pengujian yang berbelok ke arah kanan. Dan nomor 11 sampai 15 menunjukkan waktu pengujian yang berbelok ke arah kiri. Pada pengujian di atas rata rata waktu yang di tempuh kapal untuk berjalan dari pelabuhan awal ke pelabuhan tujuan pertama dan tujuan akhir yaitu 5 menit. Tetapi ada durasi yang menunjukkan waktu 6 menit di karenakan kapal yang terlalu ringan dan glombang air dan angin yang terlalu besar sehingga kapal tidak berjalan dengan stabil.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, perakitan, dan pembahasan mengenai sistem kontrol kapal menggunakan metode LoRa, dapat disimpulkan bahwa kapal ini mampu bekerja dengan baik, yaitu dapat bergerak menuju dua titik tujuan dengan menggunakan sensor GPS untuk mengirimkan data koordinat terkini atau titik koordinat yang sedang dilalui. Pengujian dilakukan sebanyak 15 kali, dengan rincian 10 kali kapal berbelok ke kanan dan 5 kali ke kiri. Rata-rata waktu tempuh kapal menuju setiap tujuan adalah 5 menit, namun terdapat 4 kali pengujian yang memerlukan waktu 6 menit karena pengaruh gelombang air dan angin yang cukup kencang. Alat ini menggunakan modul LoRa 02, yang memungkinkan pengiriman data tetap dapat dilakukan selama kapal dan stasiun kontrol masih dalam jangkauan komunikasi. Tujuan utama dari pembuatan alat ini adalah menciptakan sistem navigasi otomatis yang berjalan sesuai rute yang direncanakan dengan metode LoRa sebagai pengirim data, dilengkapi

dengan sensor GPS untuk mendeteksi arah koordinat tujuan dan jalur yang dilalui. Hasil akurasi waktu menunjukkan rata-rata 5 menit per tujuan, dengan 4 pengujian yang mengalami deviasi waktu hingga 6 menit akibat gangguan kestabilan kapal.

Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan, penulis menyadari masih terdapat beberapa kekurangan pada sistem ini. Pertama, penggunaan modul LoRa dinilai sudah cukup baik karena memiliki jangkauan sinyal yang memadai untuk pengiriman data. Namun, bahan dasar kapal yang terbuat dari triplek tergolong ringan, sehingga menyebabkan kapal menjadi tidak stabil dan mudah terpengaruh oleh gelombang air, yang pada akhirnya berdampak pada ketidakstabilan saat melakukan manuver, di mana gerakan *rudder* (daun kemudi) menunjukkan perbedaan sudut dalam setiap pengujian. Pada 10 pengujian dengan arah belok ke kanan, *rudder* bergerak pada sudut 15° , 20° , dan 25° , sedangkan pada 5 pengujian dengan arah belok ke kiri, sudut *rudder* tercatat pada -20° dan -25° . Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar bahan kapal diberi pemberat sebagai pengganti *ballast* air agar kapal lebih stabil dan koordinat tujuan dapat dicapai secara lebih akurat. Alternatif lainnya adalah mengganti bahan kapal dengan material yang lebih berat seperti *rubber* atau pelat besi tipis untuk meningkatkan kestabilan dan ketahanan terhadap gangguan eksternal.

REFERENSI

- Aji, B. L., & Susilo, K. E. (2021). Sistem kontrol kemudi kapal berbasis SCADA menggunakan aplikasi CX Programmer dan Easybuilder. *Jurnal Saintekom: Sains, Teknologi, Komputer dan Manajemen*, 11(1), 44–51. Diakses pada 24 Februari 2025.
- Berlianti, R., & Fibriyanti, F. (2020). Perancangan alat pengontrolan beban listrik satu phasa jarak jauh menggunakan aplikasi Blynk berbasis Arduino Mega. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 5(1), 17–26. Diakses pada 13 Januari 2025.
- Dinata, A. S. (2021). Rancang bangun alat penetas telur otomatis berbasis Arduino Uno. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik*, 2(2), 66–74. Diakses pada 11 Januari 2025.
- Fikri, M., & Rivai, M. (2020). Sistem penghindar halangan dengan metode LIDAR pada *Unmanned Surface Vehicle*. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), A127–A132. Diakses pada 22 Februari 2025.
- Hendrawan, A. (2019). Analisa penyebab keausan poros baling-baling kapal. *Saintara: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim*, 4(1), 1–8. Diakses pada 21 Februari 2025.
- Hidayatie, N. (2017). *Pengembangan prototipe pendekripsi material magnetik menggunakan sensor Hall Effect UGN3503 dengan sistem kendali Android* [Disertasi, Universitas Negeri Jakarta]. Diakses pada 19 Februari 2025.

- Mailan, K. M. (2017). *Mobile robot pendeteksi warna dan pengikut bola dengan menggunakan metode image processing* [Disertasi, Politeknik Negeri Sriwijaya]. Diakses pada 27 Februari 2025.
- Nugroho, N., & Agustina, S. (2015). Analisa motor DC (*Direct Current*) sebagai penggerak mobil listrik. *Jurnal Teknik Elektro*, 2, 28–34. Diakses pada 15 Februari 2025.
- Ramadhan, F., & Aryawan, W. D. (2017). Pembuatan detail desain *Unmanned Surface Vehicle (USV)* untuk monitoring wilayah perairan Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), G302–G307. Diakses pada 11 Februari 2025.
- Rikho, Y. A. (2019). *Unmanned Surface Vehicle untuk pemetaan kedalaman menggunakan navigasi GPS* [Disertasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. Diakses pada 14 Februari 2025.
- Sahal, M., Haqiqi, B. R., & Kadir, R. E. A. (2021, Desember). *Unmanned Surface Vehicle autopilot and guidance system design with disturbance using fuzzy logic sliding curve*. In 2021 4th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI) (pp. 113–118). IEEE. Diakses pada 17 Februari 2025.
- Sembiring, S., & Exaudi, K. (2017). Perancangan robot kapal dengan perilaku menghindari rintangan. *KNTIA*, 4. Diakses pada 27 Februari 2025.
- Sukarno, S. A., & Ridwan, R. (2024). Rancang bangun *datalogger* pada *Unmanned Surface Vehicle* untuk monitoring posisi dan *heading* kapal berbasis *Internet of Things*. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(2). Diakses pada 19 Februari 2025.
- Suryadi, T., & Anwar, R. (2023). Desain sistem pelacakan kapal menggunakan modul GPS dan NodeMCU berbasis IoT. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 11(1), 55–63. Diakses pada 23 Februari 2025.
- Zaky, M., Mufti, A., & Rahman, A. (2018). Perancangan sistem kendali berbasis GPS (*Global Positioning System*) pada kapal tanpa awak. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 3(2). Diakses pada 15 Februari 2025.