

Autonomous Surface Vehicle dengan Metode Waypoint dilengkapi dengan Remote Control

1st Muhammad Raja Akbar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

muhammadrajaakbar@student.telkomuniversity.ac.id

2nd I.G Prasetya Wibawa
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

prasdwiwawa@telkomuniversity.ac.id

3rd Meta Kallista
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

metakallista@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Perkembangan teknologi otonom dan sistem kendali jarak jauh (*remote control*) telah memberikan kontribusi signifikan dalam berbagai bidang, termasuk transportasi, industri, dan eksplorasi. Salah satu inovasi terkini yang menarik perhatian adalah penerapan sistem navigasi otonom pada kapal. *Autonomous Surface Vehicle (ASV)* merupakan kendaraan tanpa awak yang dapat bergerak sendiri menuju ke titik tujuan. *ASV* digunakan untuk memudahkan melakukan berbagai penelitian pada air, seperti mengukur kualitas air di tempat yang terkontaminasi. Dalam pengoperasian *ASV* terdapat berbagai komponen yang menunjang kerja alat ini. Penggunaan *GPS* untuk menentukan koordinat pada *longitude* dan *latitude*. adapun penggunaan kompas untuk menentukan arah hadap (*heading*). Penggunaan *remote control* pada penelitian ini dapat digunakan apabila medan yang ingin dijangkau memiliki hambatan yang sulit seperti berkelok atau melingkar. *remote control* juga sebagai fitur *safety* apabila terdapat kendala dalam penggunaan *ASV*. Sistem navigasi *waypoint* memiliki rerata kesalahan jarak sebesar 2 meter. Kecepatan kapal menuju *waypoint* rerata sebesar 0.78 meter/detik. Berdasarkan perancangan dan pengujian sistem.

Kata kunci — *Autonomous Surface Vehicle (ASV)*, *GPS*, Kompas, *Remote Controle*, pH, Suhu.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan Air merupakan kebutuhan pokok untuk kehidupan sehari-hari. Adapun kualitas air mempengaruhi beberapa faktor diantaranya kesehatan dan lingkungan. kualitas air yang buruk tidak layak untuk dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 tahun 2001 air yang kualitasnya buruk akan mengakibatkan kondisi lingkungan hidup menjadi buruk sehingga akan mempengaruhi kondisi kesehatan dan keselamatan manusia serta kehidupan makhluk hidup lainnya [1]. Pengukuran pH dan suhu air secara manual masih melibatkan manusia untuk terjun langsung ke perairan ketika melakukan pengukuran. Hal ini menyulitkan pengumpul data untuk melakukan pengukuran di area yang luas, selain itu, ada berbagai resiko keselamatan, seperti air yang terkontaminasi menyebabkan bahaya. Untuk mengatasi masalah ini *ASV* merupakan solusi yang inovatif. Dengan adanya *ASV* tersebut, memudahkan pengumpul data dalam melakukan pengumpulan data pH dan suhu. *ASV* merupakan kendaraan tanpa awak dapat bergerak menuju ke titik pengumpulan data. menggunakan *GPS*

dan kompas membantu kerja *ASV* menuju ke titik pengumpulan data. selain itu, *remote control* ditambahkan sebagai fitur *safety* dalam melintasi medan yang memiliki rintangan berkelok dan melingkar. *ASV* dilengkapi dengan sensor pH dan suhu untuk melakukan pengumpulan data sebagai kualitas air. *GPS* dan sensor kompas adalah kunci penggerak dari kapal tanpa awak ini yang merupakan sistem navigasi *waypoint* dengan cara memasukkan koordinat *longitude* dan *latitude* lokasi dapat dilihat pada google maps yang nanti nya akan menuju titik yang sudah ditentukan. Alat ini juga dapat dikendalikan secara manual melalui *remote control* yang berfungsi untuk mengatasi medan yang susah dijangkau oleh sistem *autonomous* maka dengan tambahan alat kendali berupa *remote control* diharapkan dapat menunjang pergerakan kapal lebih akurat dan dapat berpindah sewaktu waktu apabila diperlukan.

II. KAJIAN TEORI

A. Pencemaran Air

Air merupakan kebutuhan pokok untuk kehidupan sehari-hari. Adapun kualitas air mempengaruhi beberapa faktor diantaranya kesehatan dan lingkungan. kualitas air yang buruk tidak layak untuk dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 tahun 2001 air yang kualitasnya buruk akan mengakibatkan kondisi lingkungan hidup menjadi buruk sehingga akan mempengaruhi kondisi kesehatan dan keselamatan manusia serta kehidupan makhluk hidup lainnya [1].

B. *Autonomous Surface Vehicle (ASV)*

Autonomous Surface Vehicle (ASV) adalah kendaraan permukaan yang beroperasi secara mandiri tanpa memerlukan pengendali manusia langsung. *ASV* biasanya digunakan untuk aplikasi maritim seperti pemantauan lingkungan, survei kelautan, penelitian oseanografi, atau operasi militer. Kendaraan ini dilengkapi dengan berbagai sensor untuk navigasi, deteksi objek, dan pengumpulan data. *ASV* dapat dioperasikan secara otonom melalui sistem kendali dan algoritma yang memungkinkan mereka untuk mengikuti rute tertentu dan menyelesaikan misi secara mandiri. *Autonomous Surface Vehicle (ASV)* dilengkapi dengan *GPS (Global Positioning System)*, sensor kompas hmc5883l dalam kasus ini kapal otonom berfungsi untuk mengukur kualitas air secara mandiri menggunakan metode *waypoint* untuk bergerak secara mandiri menuju titik pengujian di suatu perairan dengan menggunakan

sensor suhu dan pH. Jenis kapal yang digunakan adalah kapal katamaran merupakan jenis kapal yang memiliki dua buah lambung kapal atau dua badan kapal.



GAMBAR 1
Desain kapal

C. Navigasi Waypoint

Navigasi waypoint adalah metode yang digunakan dalam sistem navigasi otonom, seperti *Autonomous Surface Vehicles (ASV)*, di mana kendaraan bergerak dari satu titik (waypoint) ke titik lainnya yang telah ditentukan sebelumnya. Waypoint adalah koordinat geografis (biasanya berupa lintang dan bujur) yang ditentukan untuk membentuk rute yang harus diikuti oleh kendaraan. Untuk mengetahui posisi titik tujuan kapal di perlukan data berupa longitude dan latitude yang dapat di lihat melalui Google Maps.

D. Remote Control

Remote control atau pengendalian jarak jauh adalah metode yang digunakan untuk mengendalikan perangkat atau kendaraan dari jarak jauh menggunakan sinyal radio menggunakan modul nRF24L01 untuk *remote control* dalam proyek ini pilihan yang bagus karena modul ini menawarkan komunikasi nirkabel. Terdapat modul *Transmitter* dan modul *Receiver* sebagai pengirim dan penerima sinyal.



GAMBAR 2
Remote Controle

E. GPS NEO-M8N

Modul *GPS NEO-8M* adalah perangkat penerima sinyal *Global Positioning System (GPS)* yang dirancang untuk memberikan informasi posisi geografis dengan tingkat akurasi yang tinggi. Modul ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi navigasi dan pelacakan yang memerlukan data lokasi real-time. Dengan kemampuannya untuk terhubung ke berbagai sistem satelit global dan kecepatan pembaruan data yang tinggi, modul ini menawarkan solusi yang efisien dan andal untuk kebutuhan posisi geografis pada perangkat bergerak seperti kendaraan otonom. Tingkat akurasi Posisi Horizontal (CEP, Circular Error

Probable): Biasanya dinyatakan sebagai 2.5 meter di kondisi terbuka dengan sinyal yang baik. Ini berarti bahwa 50% dari pengukuran posisi akan berada dalam radius 2.5 meter dari lokasi sebenarnya[2].



GAMBAR 3
GPS NEO-8M

F. Sensor kompas HMC5883L

Modul Sensor kompas HMC5883L adalah sensor magnetometer yang digunakan untuk mengukur medan magnet bumi, memungkinkan perhitungan arah atau orientasi dalam ruang tiga dimensi. Sensor ini sering digunakan dalam aplikasi seperti navigasi, kompas digital, dan sistem stabilisasi. Digunakan dalam perangkat navigasi untuk mendeteksi orientasi dan arah, membantu dalam perhitungan navigasi yang akurat.

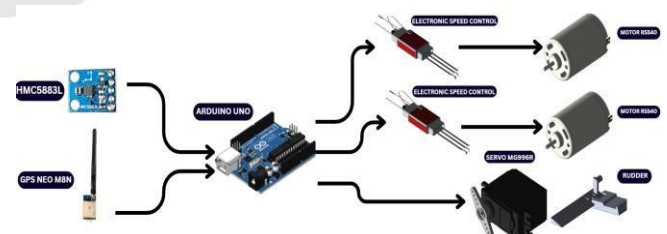


GAMBAR 4
Sensor kompas HMC5883L

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Sistem 1 Sistem navigasi kapal otonom

Pada sistem ini juga memanfaatkan interaksi yang cermat antara sensor dan aktuator untuk mencapai navigasi otonom yang efisien. Sensor HMC5883L menyediakan data arah yang penting untuk menjaga kapal pada jalur yang benar, sementara *GPS NEO M8N* memastikan bahwa kapal tetap pada rute yang telah ditentukan, dengan memantau posisinya secara terus-menerus.

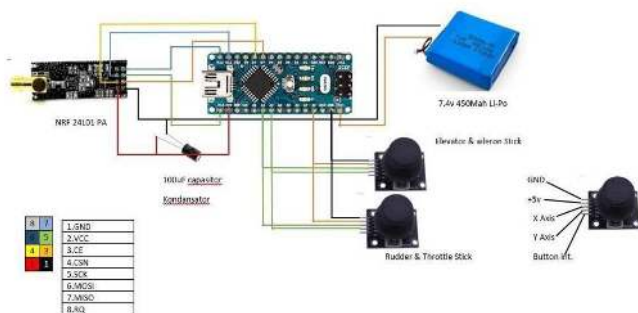


GAMBAR 5
Desain perancangan sistem *autonomus*

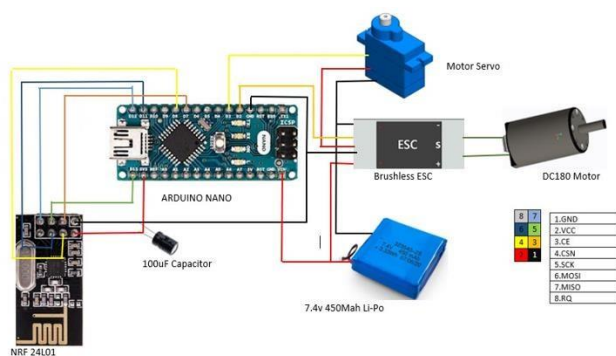
Pada Gambar di atas adalah desain sistem kapal otonom yang menunjukkan komponen utama dari sistem navigasi kapal otonom yang menggunakan Arduino Uno sebagai pengontrol utama. Diagram ini mengilustrasikan bagaimana berbagai sensor dan aktuator dihubungkan ke Arduino untuk mengendalikan pergerakan kapal.

B. Remote control

Pada sistem ini, *remote control* dibuat dengan menggunakan Arduino Nano, modul NRF24L01, dan joystick untuk mengendalikan kapal otonom secara manual. Arduino Nano bertindak sebagai pengendali utama yang mengolah sinyal dari joystick. Modul joystick mengirimkan sinyal analog ke Arduino Nano, yang kemudian mengonversi sinyal ini menjadi data digital yang bisa digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah kapal. Modul NRF24L01 berfungsi sebagai perangkat komunikasi nirkabel antara *remote control* (*transmitter*) dan kapal (*receiver*). Arduino Nano memproses data dari joystick dan mengirimkannya melalui modul NRF24L01 ke penerima di kapal.

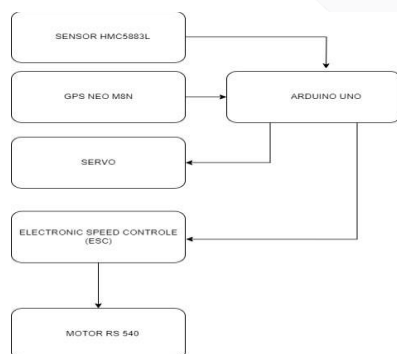


GAMBAR 6
Rangkaian sistem transmitter



GAMBAR 7
Rangkaian sistem receiver

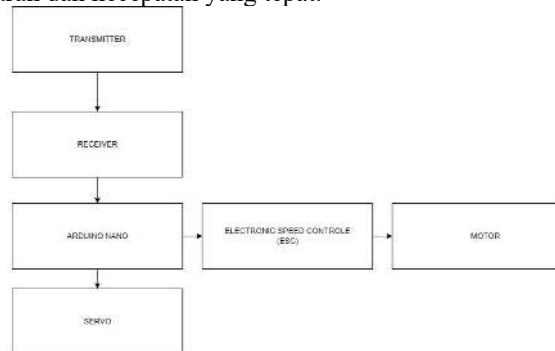
Pada gambar di atas merupakan rangkaian sistem pengirim dan penerima dalam *remote control* B. Diagram Blok Sistem 1. Diagram blok sistem *Autonomous Surface Vehicles*



GAMBAR 8
Diagram Blok ASV

Pada blok diagram diatas Secara keseluruhan, diagram ini menggambarkan alur kerja sistem di mana sensor dan modul GPS menyediakan data penting kepada Arduino Uno, yang kemudian memproses data tersebut untuk mengontrol servo dan

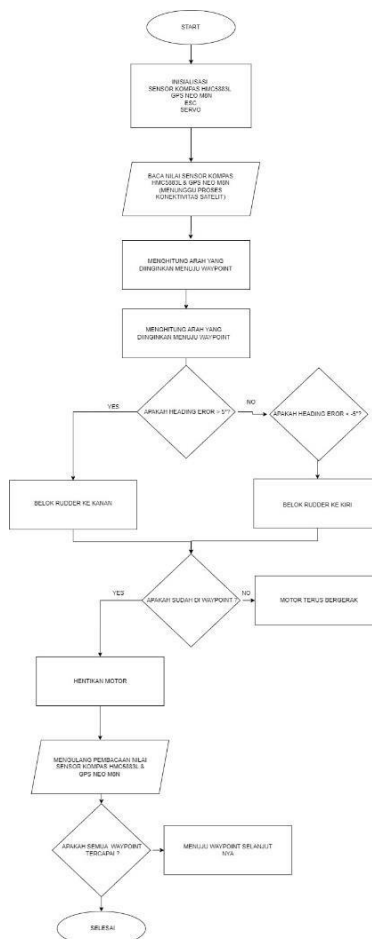
motor, memastikan kapal dapat bergerak menuju waypoint dengan arah dan kecepatan yang tepat.



GAMBAR 9
Diagram Blok remote controle

Gambar 9 diatas menjelaskan alur diagram blok dari sistem kendali yang terdiri dari beberapa komponen utama. *Transmitter* atau pengirim sinyal adalah perangkat yang digunakan untuk mengirimkan perintah ke sistem, biasanya berupa *remote control*. Sinyal dari *transmitter* diterima oleh *Receiver* yang bertugas untuk menangkap dan mengirimkan sinyal tersebut ke Arduino Nano. Arduino Nano berfungsi sebagai otak dari sistem, yang menerima sinyal dari *receiver* dan kemudian memprosesnya. Setelah memproses sinyal, Arduino Nano mengirimkan perintah ke *Electronic Speed Controller (ESC)*, yang mengatur kecepatan motor berdasarkan input dari Arduino. *ESC* kemudian mengendalikan motor, mengubah sinyal yang diterima menjadi gerakan motor. Selain itu, Arduino Nano juga mengirimkan sinyal ke servo, yang digunakan untuk mengatur kemudi atau kontrol arah. Seluruh sistem bekerja secara terintegrasi untuk memungkinkan kontrol penuh atas perangkat yang dikendalikan.

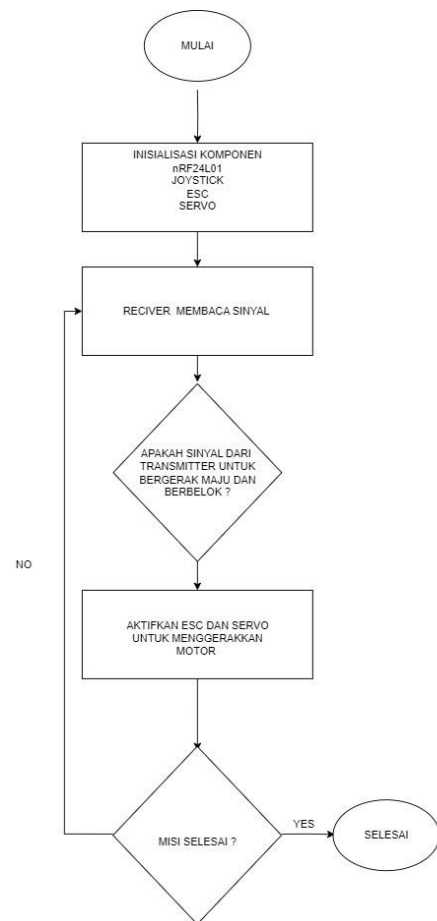
C. Flowchart Flowchart sistem ASV



GAMBAR 10
Flowchart ASV

Diagram flowchart di atas menggambarkan alur kerja dari sistem navigasi kapal otonom yang menggunakan *GPS* dan kompas untuk mencapai waypoint yang telah ditentukan. Alur dimulai dengan inisialisasi komponen utama seperti *GPS*, kompas, *ESC* (*Electronic Speed Controller*), dan servo. Setelah inisialisasi, *ESC* diatur ke posisi netral untuk memastikan motor siap berjalan dengan aman. Selanjutnya, sistem membaca data dari *GPS* dan kompas untuk menentukan posisi kapal dan arah saat ini. Berdasarkan data ini, sistem menghitung arah yang diinginkan menuju waypoint berikutnya dan menentukan *error heading*, yaitu selisih antara arah yang diinginkan dan arah saat ini. Berdasarkan nilai *error heading*, sistem mengambil keputusan apakah perlu menggerakkan servo rudder untuk mengubah arah kapal. Jika *error heading* lebih dari 5 derajat, rudder akan diarahkan ke kanan untuk mengurangi error. Jika error kurang dari -5 derajat, rudder diarahkan ke kiri. Jika tidak ada perbedaan signifikan dalam *heading*, kapal tetap berjalan lurus. Setelah itu, sistem memeriksa apakah kapal telah mencapai waypoint yang diinginkan. Jika ya, motor dihentikan dengan mengatur *ESC* ke posisi netral. Jika belum, motor terus berjalan dengan kecepatan rendah. Proses pembacaan *GPS* dan kompas kemudian diulang hingga semua waypoint tercapai. Jika semua waypoint telah tercapai, sistem berhenti dan kapal menyelesaikan misinya. Jika tidak, kapal melanjutkan perjalanan menuju waypoint berikutnya.

2. Flowchart sistem remote control



GAMBAR 11
Flowchart ASV

Gambar flowchart ini menggambarkan alur proses dari sebuah sistem kontrol yang melibatkan beberapa komponen utama seperti *nRF24L01*, *joystick*, *ESC*, dan servo. Proses dimulai dengan inisialisasi semua komponen untuk memastikan semuanya siap digunakan. Setelah itu, *receiver* membaca sinyal yang dikirimkan oleh *transmitter*. Sistem kemudian memeriksa apakah sinyal yang diterima adalah perintah untuk bergerak maju dan berbelok. Jika iya, sistem akan mengaktifkan *ESC* dan servo untuk menggerakkan motor sesuai dengan perintah tersebut. Setelah perangkat bergerak, sistem akan memeriksa apakah misi telah selesai. Jika misi belum selesai, sistem akan kembali membaca sinyal dan mengulangi proses ini hingga misi tercapai dan proses berakhir.

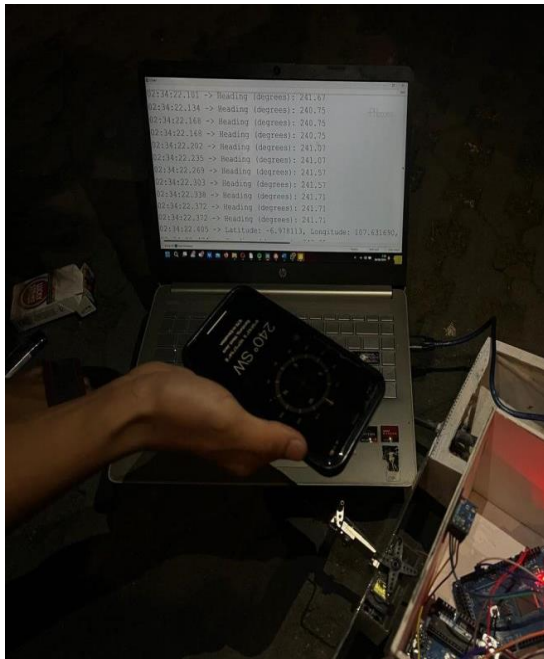
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi

1. Sensor HMC5883L

Dalam sistem kompas atau sensor magnetik, sumbu X dan Y digunakan untuk mengukur komponen arah horizontal dari medan magnet. Sumbu X biasanya menunjukkan arah horizontal dari kiri ke kanan perangkat, sementara sumbu Y menunjukkan arah horizontal dari depan ke belakang perangkat. Dengan memanfaatkan kedua sumbu ini, kompas dapat menentukan komponen arah ke timur atau barat (sumbu X) serta ke utara atau selatan (sumbu Y). Pengukuran dari sumbu X dan Y digabungkan untuk menghitung arah utara magnetik dan menentukan orientasi horizontal yang akurat dalam sistem navigasi atau aplikasi lainnya. Koneksi sensor HMC5883L dengan hardware dalam proyek ini menggunakan Arduino nano yakni seperti yang tertera di bawah ini :

- VCC- Pin 5V
- GND-PIN GND
- SCL - Pin SCL
- SDA-Pin SDA



GAMBAR 12
Implementasi Sensor HMC5883L

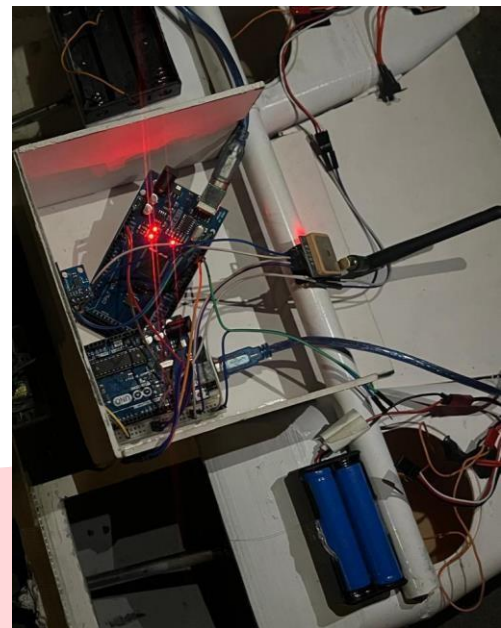
```
// Mengaplikasikan deklinasi magnetik (disesuaikan dengan lokasi Anda)
float declinationAngle = 0.1093; // Sesuaikan nilai untuk lokasi Anda
heading += declinationAngle;
```

GAMBAR 13
Code declinationAngel

Pada gambar di atas dapat dilihat Deklinasi Magnetik (Declination Angle): Nilai 0.1093 dalam kode tersebut merupakan contoh dari deklinasi magnetik dalam radian. Penyesuaian *Heading*: *heading* adalah variabel yang biasanya mewakili arah yang ditunjukkan oleh kompas dalam sistem koordinat. Fungsi *heading* += *declinationAngle*; menambahkan nilai deklinasi ke arah yang ditunjukkan oleh kompas. Ini mengoreksi nilai kompas untuk mendapatkan arah utara sejati.

2. GPS NEO-M8N

Implementasi modul *GPS* Neo M8N dalam sistem *autonomous* melibatkan beberapa langkah penting. Pertama, modul *GPS* dihubungkan ke mikrokontroler dan diinisialisasi dengan menggunakan library yang sesuai untuk membaca data *GPS*, seperti koordinat latitude dan longitude. Data ini kemudian digunakan untuk menentukan posisi saat ini serta jarak dan arah ke waypoint atau tujuan yang telah ditentukan.



GAMBAR 14
Implementasi Sensor HMC5883L

```
Latitude: -6.989868, Longitude: 107.658775, Satellites: 3.00
Heading (degrees): 43.25
Latitude: -6.989868, Longitude: 107.658775, Satellites: 3.00
Heading (degrees): 43.50
Latitude: -6.989868, Longitude: 107.658775, Satellites: 3.00
Heading (degrees): 43.43
Latitude: -6.989868, Longitude: 107.658775, Satellites: 3.00
Heading (degrees): 43.89
Latitude: -6.989868, Longitude: 107.658775, Satellites: 3.00
```

GAMBAR 14
Implementasi Sensor HMC5883L

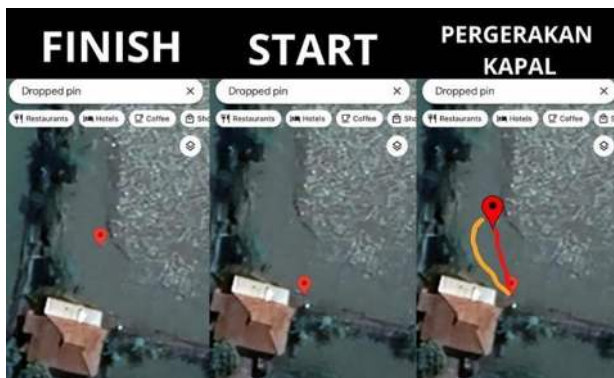
Gambar 14 di atas menampilkan latitude dan longitude posisi kapal berada yang ditangkap melalui satellites untuk memastikan pergerakan kapal selalu di informasikan kepada mikrokontroler.

B. Hasil Pengujian

Pengujian di lakukan dengan menggunakan metode 1 dan 2 waypoint.



GAMBAR 15
Pengujian 1 waypoint



GAMBAR 16
Pengujian menggunakan 2 waypoint

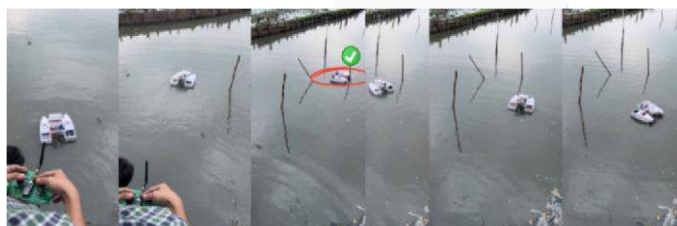


GAMBAR 17
Pengujian menggunakan 2 waypoint



GAMBAR 18
Rute kapal 2 waypoint

Gambar 18 menjelaskan rute pergerakan kapal yang di tandai dengan dua warna yakni berwarna kuning dan merah. Warna kuning adalah rute yang sebenarnya di lalui kapal sedangkan rute warna merah adalah rute yang direncanakan yang seharusnya di lalui kapal.



GAMBAR 19
Pengujian remote control

Gambar di atas dilakukan pengujian *remote control* untuk menguji pergerakan kapal bergerak ke berbagai arah, melakukan manuver dan melewati rintangan.

C. Analisis Hasil Pengujian

Pada percobaan menggunakan 1 *waypoint* Sistem navigasi dapat mengarahkan perjalanan kapal menuju waypoint namun terdapat kesalahan jarak sekitar 1 meter dari tujuan kapal berhenti. Pengujian menggunakan 2 waypoint memiliki rerata kesalahan jarak sebesar 2 meter. Pada percobaan menggunakan kontrol manual menggunakan *remote control* kapal dapat berhasil melakukan manuver dan melewati rintangan yang berada dititik pengujian. Kecepatan kapal menuju waypoint rerata sebesar 0.78 meter/detik.

V. KESIMPULAN

Proyek ini mengembangkan sebuah kapal otonom yang dilengkapi dengan teknologi *remote control* dan dilengkapi dengan sensor untuk menguji kualitas air sungai. Kapal ini menggunakan sistem navigasi berbasis *waypoint* untuk mencapai lokasi tertentu dan dapat dikendalikan secara manual menggunakan *remote control* jika diperlukan. Terdapat beberapa kendala pada pengujian *waypoint* berupa data yang diterima dari *GPS* dan sensor dapat mengandung noise atau interferensi yang mempengaruhi akurasi. Pengolahan data yang tidak optimal dapat menyebabkan kesalahan dalam posisi yang ditentukan. Sistem navigasi *waypoint* memiliki rerata kesalahan jarak sebesar 2 meter. Kecepatan kapal menuju *waypoint* rerata sebesar 0.78 meter/detik. Berdasarkan perancangan dan pengujian sistem. Kesimpulan pada proyek ini adalah alat dapat berhasil menyelesaikan pengujian dari spesifikasi alat meskipun di dalam nya terjadi ketidakakuratan posisi pada pengujian *waypoint*. Proyek ini di kembangkan guna mampu meringankan masyarakat dalam melakukan pengukuran kualitas air sungai yang ada di Indonesia. Diharapkan adanya alat ini mampu memudahkan pengukuran kualitas air sungai karena tidak perlu terjun langsung ke sungai cukup dikendalikan dan memonitor alat ini dari sisi sungai saja dan hal ini sangat memangkas waktu dan tenaga.

REFERENSI

- [1] Presiden Republik Indonesia. (2001). Penjelasan Atas Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- [2] Nugroho, H., & Firmansyah, I. (2020). Implementasi Sistem Navigasi Berbasis *Waypoint* pada Kapal Otomatis Menggunakan *GPS* dan Kompas Digital. *Jurnal Teknik Elektro*.
- [3] Widia Rahmawati Pahilda, S.T. 2018 Pemantauan Kualitas Air Sungai <https://gesi.co.id/pemantauankualitas-air-sungai/>
- [4] Kursus Elektronika, Membuat Alat Penunjuk Arah atau Kompas HMC5883L, kursus elektronikaku. https://kursuselektronikaku.blogspot.com/2014/09/membuat-alat-penunjuk-arahan-atau-kompas.html#google_vignette