

## PEMODELAN DAN ANALISIS EMPIRIS SUDUT BELOK RUDDER PADA SISTEM AUTOPILOT KAPAL BERBASIS STM32

Yuda Irawan<sup>1</sup>, Afif Zuhri Arfianto<sup>2</sup>, Dimas Pristovani Riananda<sup>3</sup>

*1*Teknik Otomas/Teknik Kelistrikan Kapal/Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

*3*Teknik Kelistrikan Kapal/Teknik Kelistrikan Kapal/Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Email korespondensi: yudairawan819@gmail.com

### ABSTRAK

Dalam beberapa dekade terakhir, teknologi pengendalian kapal telah mengalami perkembangan signifikan yang bertujuan untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional. Sistem autopilot, khususnya, memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas dan arah kapal secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji sistem kontrol rudder berbasis STM32 yang mampu mengoptimalkan kinerja rudder dalam mencapai sudut yang diinginkan dengan tingkat error minimal. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan pengembangan model perhitungan yang divalidasi dengan data empiris, serta pengukuran sudut menggunakan busur derajat sebagai alat bantu validasi. Sistem ini dilengkapi dengan proses kalibrasi awal untuk menentukan batas kiri dan kanan rudder, serta menetapkan posisi tengah sebagai titik referensi. Penelitian dilakukan dengan mengonversi masukan sudut ke dalam nilai potensio menggunakan algoritma yang telah dirancang, dan memerintahkan motor stepper untuk menggerakkan rudder sesuai dengan masukan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kontrol rudder yang dikembangkan mampu mencapai tingkat kesalahan sudut output dibandingkan sudut input sebesar 1,9%, dan kesalahan sudut output dibandingkan dengan sudut pada busur derajat sebesar 3,3%. Kesalahan ini terutama disebabkan oleh ketidakakuratan mekanisme gearbox pada sistem autopilot. Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan telah menunjukkan peningkatan presisi dan keandalan dalam pengendalian rudder.

**Kata kunci** : Sistem Autopilot, Rudder, STM32, Teknologi Maritim

### PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, teknologi pengendalian kapal telah mengalami perkembangan signifikan yang bertujuan untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional di sektor maritim yang terus

berkembang. Perkembangan teknologi ini mencakup berbagai inovasi mulai dari sistem navigasi canggih hingga pengendalian otomatis yang dapat mengurangi risiko human error (Fakhrana, 2016). Salah satu inovasi paling menonjol adalah sistem autopilot, yang kini

menjadi komponen esensial dalam banyak kapal modern. Sistem ini dirancang untuk mempertahankan stabilitas dan arah kapal secara otomatis, memungkinkan navigasi yang lebih presisi, mengurangi beban kerja awak kapal, dan meningkatkan efisiensi bahan bakar serta keselamatan operasional secara keseluruhan (Clover, 2022).

Sistem autopilot bekerja dengan mengintegrasikan berbagai sensor dan algoritma pengendalian untuk mengarahkan kapal sesuai jalur yang telah ditentukan. Salah satu komponen krusial dari sistem ini adalah pengendalian rudder atau kemudi kapal, yang bertanggung jawab untuk mengarahkan kapal sesuai dengan perintah yang diberikan oleh sistem navigasi (Hilmi, 2016). Pengendalian rudder yang akurat dan responsif sangat penting, karena ketidakakuratan dalam pengendalian dapat menyebabkan penyimpangan jalur yang signifikan, yang dapat berujung pada kecelakaan atau kerugian ekonomi (Pamungkas, 2023). Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan sistem kontrol rudder yang lebih presisi terus menjadi fokus utama dalam upaya meningkatkan performa dan keandalan sistem autopilot.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji sistem kontrol rudder berbasis STM32, yang merupakan mikrokontroler berperforma tinggi dan hemat energi, digunakan secara luas dalam aplikasi industri dan otomasi (Wardana, 2024). Sistem yang diusulkan ini dirancang untuk mengoptimalkan kinerja rudder dalam mencapai sudut yang diinginkan dengan tingkat error minimal, melalui pendekatan model perhitungan yang divalidasi dengan data empiris. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan keakuratan pengendalian sudut rudder sehingga kapal dapat mempertahankan arah yang tepat dengan gangguan minimal (Wardana, 2024).

Proses kalibrasi rudder yang dilakukan dalam melibatkan pengukuran dan penyesuaian untuk menentukan batas kiri dan kanan rudder secara akurat, serta menetapkan titik tengah sebagai referensi (Yuda & Airlangga, 2023). Data empiris yang dikumpulkan selama pengujian lapangan akan dibandingkan dengan model perhitungan yang ada untuk

mengidentifikasi dan mengurangi kesalahan dalam pengendalian. Hal ini memungkinkan sistem untuk mengkompensasi variabilitas dalam mekanisme penggerak dan kondisi operasional, memberikan hasil yang lebih konsisten dan andal (Mirza *et al.*, 2024).

Selain dari aspek teknis, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi pengendalian rudder yang lebih presisi dan dapat diandalkan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan keselamatan dan efisiensi navigasi kapal di berbagai kondisi operasional (Anwar *et al.*, 2018). Dengan evaluasi performa yang komprehensif, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga untuk inovasi lebih lanjut dalam sistem autopilot kapal, serta dapat diterapkan dalam berbagai jenis kapal dari kapal pesiar hingga kapal kargo.

Lebih jauh lagi, pengembangan teknologi pengendalian rudder yang presisi ini juga diharapkan dapat berkontribusi terhadap pengurangan konsumsi bahan bakar dan emisi, serta peningkatan keselamatan dalam operasi kapal di laut lepas. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis dan efisiensi operasional, tetapi juga pada keberlanjutan lingkungan dan keselamatan maritim secara keseluruhan. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki implikasi yang luas dan relevan untuk masa depan industri maritim (Hasdiana, 2018).

## TINJAUAN PUSTAKA

### Autopilot

Autopilot adalah sistem yang secara otomatis mengontrol pesawat, kapal, mobil, atau kendaraan lainnya. Tujuannya adalah untuk mengurangi beban kerja pengemudi atau awak kapal, sambil meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam pengoperasian kendaraan tersebut. Sistem Autopilot memanfaatkan sensor dan komputer untuk mengumpulkan dan memproses data tentang kondisi lingkungan sekitar, kecepatan kendaraan, arah, serta posisi relatif terhadap objek lain. Cara kerja sistem Autopilot melibatkan penggunaan sensor untuk mengumpulkan informasi sekitar kendaraan, seperti kondisi cuaca, arah, dan posisi relatif

terhadap obyek lain. Data yang terkumpul kemudian diproses oleh komputer yang mengatur kemudi, throttle, dan sistem lainnya sesuai dengan koordinat posisi yang dituju. Dengan demikian, sistem Autopilot dapat menjaga kendaraan pada jalurnya dan kembali ke posisi awal yang diinginkan. Sistem Autopilot adalah sebuah sistem mekanikal, elektrik, atau hidraulik yang mengarahkan sebuah kendaraan tanpa intervensi manusia. Meskipun Autopilot umumnya terkait dengan pesawat terbang, penggunaannya juga ditemukan di kapal dengan istilah yang sama. Saat beroperasi dalam mode autopilot, pergerakan kapal dikontrol oleh sistem navigasi dan sistem kontrol. Sistem navigasi kapal yang terintegrasi dalam Autopilot menggunakan metode waypoint. Ini berarti sistem navigasi akan mengarahkan kapal Autopilot untuk bergerak secara teratur menuju titik-titik tertentu (waypoint) yang telah ditentukan sebelumnya dari stasiun kontrol darat. Selama kapal bergerak dengan Autopilot, berbagai gaya luar seperti angin, ombak, dan gaya dalam seperti ketidakseimbangan putaran kecepatan dari mesin utama dapat mempengaruhi pergerakannya. Oleh karena itu, diperlukan sistem kontrol yang efektif untuk menjaga agar kapal tetap menuju ke tujuannya. Kepentingan dari memiliki model dinamika sistem yang cukup akurat sangat memengaruhi kemampuan sistem Autopilot dalam mengatur pergerakan kapal secara efisien.

### Motor Stepper

Motor Stepper merupakan jenis motor listrik yang memiliki kemampuan untuk mengubah pulsa listrik yang diterimanya menjadi gerakan motor yang diskrit (terputus) yang disebut sebagai langkah (step). Step yang mengendalikan motor berasal dari konstruksi kumparan yang disusun menjadi beberapa kelompok yang disebut fase. Motor dapat berputar apabila diberikan energi pada fase secara berurutan. Motor stepper mengubah sinyal-sinyal listrik menjadi gerakan mekanis diskrit. Torsi dari motor stepper tidak sebesar motor DC. Namun, motor jenis ini memiliki tingkat presisi yang tinggi dalam putarannya. Kecepatan gerak pada stepper dinyatakan dalam step per second atau jumlah step per

detik. Untuk mencapai satu putaran penuh, motor stepper memerlukan pergerakan sebesar  $360^\circ$  dengan jumlah langkah tertentu per derajatnya. Kinerja motor stepper umumnya diukur dengan jumlah langkah yang dapat dilakukannya per putaran per detik. Berikut bentuk motor stepper terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Motor stepper

### Potensiometer Multiturn

Potensiometer adalah resistor tiga terminal dengan sambungan geser yang membentuk pembagi tegangan yang dapat disetel. Jika hanya dua terminal yang digunakan (salah satu terminal tetap dan terminal geser), potensiometer berperan sebagai resistor variabel atau rheostat. Dalam penelitian ini, potensiometer yang digunakan adalah potensiometer multiturn. Potensiometer multiturn merupakan komponen resistor tiga terminal yang tidak memiliki batas putaran pada kedua arahnya. Jika ketiga terminal digunakan, multiturn berfungsi sebagai pembagi tegangan. Namun, jika dua terminal (terminal tengah dan salah satu terminal bagian tepi) yang digunakan, multiturn berfungsi sebagai resistor variabel. Bentuk dan bagian-bagian potensiometer multiturn dapat dilihat pada Gambar 2.

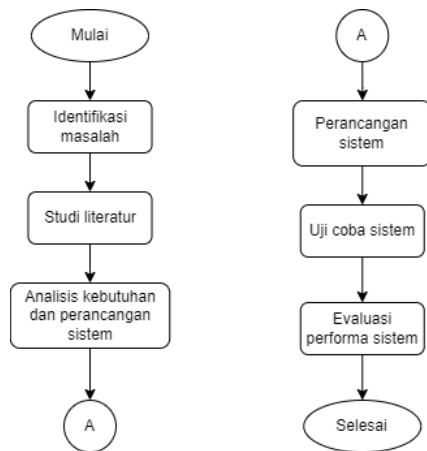


Gambar 2. Potensiometer Multiturn

### METODE PENELITIAN

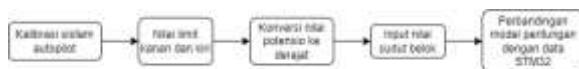
Tahapan dalam penelitian ini meliputi identifikasi masalah, kajian literatur, analisa

kebutuhan sistem, perancangan dan uji coba sistem, serta evaluasi kinerja sistem. Semua tahapan ini ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Tahap Penelitian

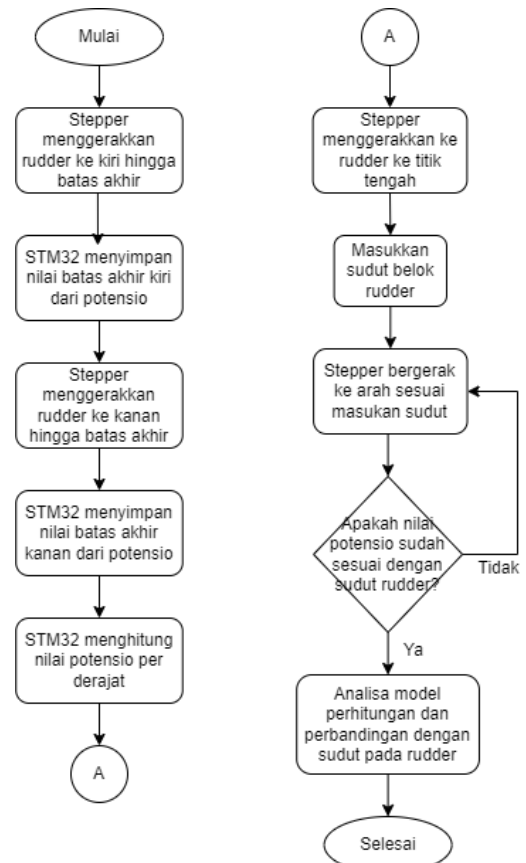
Diagram blok sistem memberikan gambaran umum mengenai penelitian ini. Proses dimulai dengan kalibrasi untuk mendapatkan nilai limit kiri dan kanan rudder. Setelah itu, dilakukan perhitungan untuk mengkonversi sudut pergerakan rudder, dan hasilnya dibandingkan dengan data dari STM32. Selanjutnya, pengguna dapat memasukkan input berupa sudut yang diinginkan untuk posisi rudder kapal, dan motor stepper akan bergerak sesuai dengan input data tersebut. Diagram blok sistem ini ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Diagram alir sistem ini menjelaskan langkah-langkah kerja dari sistem yang telah dibuat, dimulai dari kalibrasi rudder dengan menggerakkan stepper motor. Pertama, stepper motor menggerakkan rudder ke kiri hingga mencapai batas limit untuk menentukan nilai limit kiri. Kemudian, rudder digerakkan ke kanan hingga batas kanan untuk menentukan nilai limit kanan, dan dikembalikan ke kiri. Proses ini merupakan kalibrasi untuk mencapai titik tengah rudder. Setelah kalibrasi, sudut input rudder digunakan untuk menggerakkan

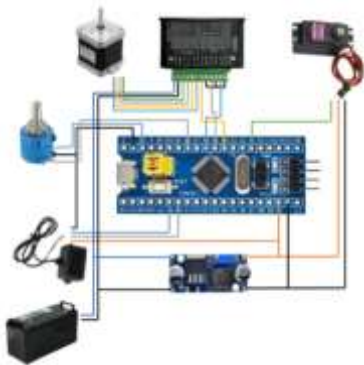
rudder sesuai dengan sudut yang diinginkan. Jika nilai dari potensiometer tidak sesuai dengan sudut input, stepper motor akan terus bergerak ke arah yang dibutuhkan sampai nilai tersebut tercapai dan kemudian berhenti. Terakhir, dilakukan analisa dan perbandingan sudut rudder menggunakan model perhitungan dan alat pengukur sudut seperti busur derajat. Diagram alur ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Sistem

Wiring diagram berfungsi sebagai panduan untuk memahami dan menentukan konfigurasi input dan output yang digunakan dalam sistem. Diagram ini sangat penting karena membantu dalam mengidentifikasi bagaimana komponen-komponen yang digunakan untuk pengendali kapal autopilot dihubungkan dan berinteraksi satu sama lain. Semua komponen tersebut akan dirangkai menjadi satu kesatuan yang terintegrasi dalam sebuah printed circuit board (PCB) khusus yang dirancang untuk proyek ini. Dengan mengikuti wiring diagram, kita dapat

memastikan bahwa setiap sambungan dan koneksi dilakukan dengan benar untuk mencapai kinerja sistem yang optimal. Wiring diagram yang rinci dan komprehensif untuk sistem ini dapat dilihat pada Gambar 6, yang memberikan gambaran visual tentang bagaimana semua elemen sistem dihubungkan secara elektronik.



Gambar 6. Wiring Diagram Sistem

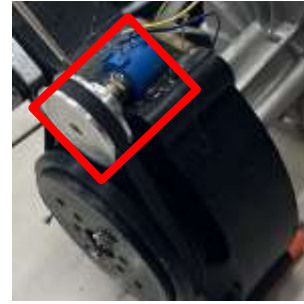
## HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 7. PCB Controller

Hasil Gambar 7 adalah printed circuit board (PCB) yang digunakan untuk sistem kontrol autopilot ini. Dalam rangkaian ini terdapat STM32 sebagai mikrokontroler, LM2596 fixed 5V digunakan sebagai penurun tegangan dari 12V ke 5V. dan beberapa komponen lain yang digunakan sebagai penunjang dari sistem autopilot ini. Untuk sensor dan actuator akan dihubungkan melalui konektor yang sudah tersedia.

### Algoritma Kalibrasi Rudder



Gambar 8. Potensio dengan Gearbox

Kalibrasi rudder memanfaatkan nilai potensio yang berputar bersamaan dengan poros dari gearbox sesuai pada gambar 6. Ketika sistem off, posisi terakhir rudder tidak akan terbaca sistem dikarenakan keseluruhan sistem off. Maka dari itu, setiap sistem awal menyala akan selalu dilakukan kalibrasi. Untuk algoritmanya yaitu yang pertama motor stepper menggerakkan rudder ke kiri tanpa mengetahui batas dari kiri. Batas kiri akan diketahui ketika nilai potensio sudah tidak berkurang lagi. Begitu juga dengan batas kanan. Berikut script yang digunakan untuk membatasi tersebut.

```
if (pot_value > (minValue +
tolerant)) {
    stepper_off();
    lim_leftValue = minValue;
    tLeft = minValue + 50;
    SerialMon.println("Left
Limit");
    delay(3000);
}
```

Setelah mendapat limit dari kiri dan kanan rudder bergerak menuju titik tengah. Setelah sampai pada titik tengah, maka memberikan nilai konversi potensio per derajat. Sudut dari kiri ke kanan rudder adalah 48 derajat sesuai dengan pengukuran manual yang telah dilakukan. Berikut merupakan script untuk konversinya.

```
if (pot_value == center_point) {
    stepper_off();
    cal_center = true;
    degreeConversion =
(lim_rightValue - lim_leftValue) /
degreeRudder;
```

```
SerialMon.print("degreeConversion:");  
");  
  
SerialMon.print(degreeConversion);  
SerialMon.println("/degree");  
delay(2000);  
}
```

### Pengujian Kalibrasi Rudder

Kalibrasi rudder dilakukan setiap kali sistem dinyalakan. Proses ini dimulai dengan menginisiasi semua sensor dan aktuator, lalu menggerakkan rudder ke batas kiri untuk menentukan limit kiri. Selanjutnya, rudder digerakkan ke batas kanan untuk menetapkan limit kanan. Akhirnya, rudder dikembalikan ke posisi tengah (90 derajat). Jika rudder berada di posisi tengah dengan akurasi yang diharapkan, kalibrasi dianggap berhasil. Proses ini penting untuk memastikan bahwa sistem rudder dapat bergerak dengan akurat dan sesuai dengan perintah selama operasi normal. Dokumentasi kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 9, yang menunjukkan langkah-langkah yang diambil untuk memastikan bahwa rudder berada di posisi yang tepat sebelum digunakan. Kalibrasi ini memastikan semua komponen bekerja dengan baik dan siap untuk pengoperasian selanjutnya.



Gambar 9. Sudut Kalibrasi

### Pengujian Rudder dengan Sudut Input

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan input berupa sudut pada mikrokontroler STM32 yang berperan sebagai

kontrol dari sistem. Sudut tersebut kemudian akan diolah oleh STM32 untuk dikonversi ke nilai yang sesuai dengan potensiometer, berdasarkan algoritma yang telah dikembangkan dan diimplementasikan sebelumnya. Setelah konversi, sistem akan menggunakan motor stepper untuk menggerakkan rudder menuju sudut yang diinginkan sesuai dengan input yang diberikan.

Pengujian ini akan melalui beberapa tahapan. Pertama, hasil dari algoritma yang telah dibuat akan dievaluasi dengan membandingkannya terhadap model perhitungan yang telah dirumuskan secara matematis. Ini untuk memastikan bahwa algoritma bekerja sesuai dengan teori dan menghasilkan sudut yang akurat. Sebagai langkah validasi tambahan, hasil pengukuran dari algoritma ini juga akan dibandingkan dengan alat pengukur manual, seperti busur derajat, untuk memastikan keakuratan sudut yang dihasilkan oleh sistem rudder.

Proses pengujian ini tidak hanya memastikan bahwa algoritma bekerja sesuai dengan yang diharapkan, tetapi juga untuk memvalidasi bahwa implementasi sistem dapat menghasilkan pergerakan rudder yang akurat sesuai dengan sudut input yang diberikan. Dengan demikian, pengujian ini penting untuk memastikan keandalan dan akurasi sistem pengendalian rudder pada kapal yang menggunakan STM32.

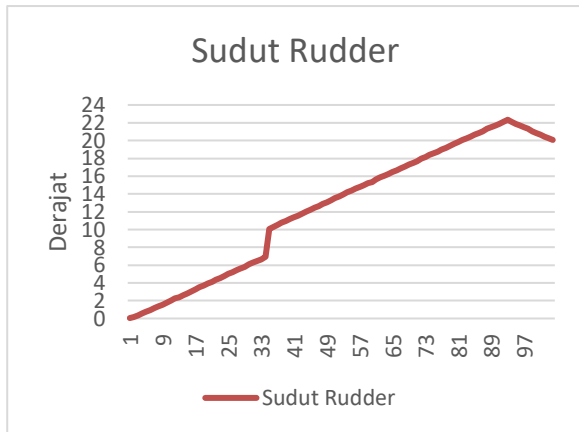
- Data Empiris

Data empiris dari pengujian ini didapatkan dari pembacaan sensor oleh STM32. Dengan memberikan beberapa masukan sudut dan membandingkannya dengan busur derajat. Selanjutnya dari data-data tersebut akan dianalisa dengan model perhitungan juga. Tabel 1 merupakan table pengujian dari belok sudut rudder berdasarkan input yang diberikan. Dari beberapa pengujian akan diambil satu sampel

untuk menunjukkan grafik pergerakan ruddernya ditunjukkan pada gambar 10.

Tabel 1. Pengujian Sudut Rudder

Sudut Input	Sudut Output	Sudut Busur
10	10.81	10
20	20.17	19
30	29.92	30
40	40.1	41
48	47.98	48



Gambar 10. Sudut Pergerakan Rudder

• Model Perhitungan

Model perhitungan merupakan salah satu cara untuk memvalidasi hasil dari data keluaran STM32. Pertama kali dicari adalah konversi dari potensio ke derajat. Berikut cara menentukan nilainya.

$$degreeConversion = \frac{nilai\ limit\ kanan - nilai\ limit\ kiri}{degreeRudder} \quad (1)$$

Nilai dari limit kiri dan kanan didapatkan dari nilai potensio yang telah didapatkan. Untuk nilai degreeRudder sudah didapatkan ketika pengukuran pada rudder kapal yaitu sebesar 48 derajat.

Selanjutnya yaitu mencari center point dari nilai limit kanan dan kiri. Dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$CenterPoint = \frac{nilai\ limit\ kanan + nilai\ limit\ kiri}{2} \quad (2)$$

Setelah mendapatkan nilai CenterPoint, dilakukan perhitungan untuk sudut yang akan dituju. Berikut rumus untuk menentukan nilai potensio dari sudut yang dituju.

$$Conversion = selisih\ sudut \times degreeConversion \quad (3)$$

$$Sudut\ Tujuan = CenterPoint + Conversion \quad (4)$$

**KESIMPULAN**

Dari hasil analisa yang didasarkan pada model perhitungan serta data empiris yang dibandingkan dengan sudut yang diukur menggunakan busur derajat, ditemukan bahwa terdapat error sudut output dibandingkan dengan sudut input sebesar 1,9%. Selain itu, perbandingan antara sudut output dengan sudut yang ditunjukkan pada busur derajat menghasilkan nilai error sebesar 3,3%. Penyebab utama dari error ini bukan hanya disebabkan oleh kesalahan pembacaan sistem oleh STM32, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh error mekanisme pada sistem gearbox yang digunakan dalam autopilot. Error pada gearbox dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam transmisi sudut dan posisi rudder, sehingga mengakibatkan perbedaan antara sudut yang diharapkan dan sudut yang sebenarnya dicapai.

Oleh karena itu, untuk penelitian di masa mendatang, sangat dianjurkan untuk mengembangkan mekanisme yang lebih presisi dan kokoh. Dengan perbaikan pada aspek mekanis, seperti penggunaan gearbox dengan toleransi yang lebih rendah dan material yang lebih stabil, diharapkan error-error yang muncul pada sistem dapat dikurangi secara signifikan. Hal ini akan meningkatkan keandalan dan akurasi sistem autopilot, sehingga dapat mencapai performa yang lebih optimal dan hasil yang lebih akurat. Dengan demikian, penelitian selanjutnya tidak hanya perlu fokus pada peningkatan algoritma kontrol dan pembacaan data, tetapi juga pada peningkatan kualitas dan presisi komponen mekanis yang digunakan dalam sistem.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, Manual, U., Brämswig, K., Ploner, F., Martel, A., Bauernhofer, T., Hilbe, W., Kühr, T., Leitgeb, C., Mlineritsch, B., Petzer, A., Seebacher, V., Stöger, H., Girschikofsky, M., Hochreiner, G., Ressler, S., Romeder, F., Wöll, E., Brodowicz, T., ... Baker, D. (2022). PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM KESTABILAN KAPAL UNTUK PERAWATAN ANJUNGAN OFFSHORE DENGAN METODE PID ZIEGER NICHOLS. *Science*, 7(1), 1–8.
- Anwar, K., Sari, Anggraini, P., & Minggu, D. (2018). RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SIRIP ROKET BAGIAN RUDDER MENGGUNAKAN KONTROL PID. Khairul Anwar, Anggraini Puspita Sari, Desyderius Minggu 4. *Jurnal Ilmiah*, 26(1), 27–35.
- Clover, M. V. P. A. N., & Clover, M. V. P. A. N. (2022). ANALISA PENERAPAN DOUBLE ECDIS PADA MV. PAN CLOVER.
- Fakhrana, A. (2016). Pembuatan Prototype Robot Kapal Pemungut Sampah menggunakan Mikrokontroler Arduino Ano dengan Aplikasi Pengendali Berbasis Android. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 21(3), 185–195.  
<https://ejournal.gunadarma.ac.id/index.php/tekno/article/view/1597/1356>
- Hasdiana, U. (2018). Teknologi Hijau Bidang Perkapalan, Upaya Menuju Zero Carbon 2050. In *Analytical Biochemistry* (Vol 11, Number 1).
- Hilmi 2016. (2016). APLIKASI GPS APM2.5 NEO-6M PADA ROBOT TERBANG PENDETEKSI ASAP. 4(August), 30–59.
- Mirda, I., Musyaffa, M. R., Nabilla, B., & Tirtayasa, F. (2024). Desiminasi Perangkat Kendali Hand tractor Dengan Menggunakan Remote control dan Autonomous system Untuk Lahan Persawahan Di Desa Cipocok Jaya , Serang ,. 1(2), 49–58.
- Pamungkas, R. D. . (2023). Rancang Bangun Elektrik Steering Gear Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3. DCP REGGA - 2023 - repository.pip-semarang.ac.id. RANCANG BANGUN ELEKTRIK STEERING GEAR BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3. pip-semarang.ac.id
- Wardana, N. M. (2024). Rancang Bangun Sistem Radar Menggunakan Mikrokontroler untuk Pendeteksi Objek Otomatis. 3(2).
- Yuda, M., & Airlangga, P. (2023). Perencanaan Sistem Gerak Quadcopter Sebagai Alat Pemantau Kawasan Lingkungan Bencana Untuk Field Triage Korban Bencana.