

Perbandingan Sensor *Incremental Rotary Encoder* dan Potensiometer pada Simulasi Kemudi Kapal Berbasis *Arduino*

ARIF RAKHMAN SUHARSO, GUNAWAN BUDI SANTOSO, ARIO
HENDARTONO, RAHINDRA BAYU KUMARA

Politeknik Maritim Negeri Indonesia, Indonesia
Email : arif.rakhman@polimarin.ac.id

Received 30 November 202x | *Revised* 14 Desember 2022 | *Accepted* 20 Desember 2022

ABSTRAK

Suatu kemudi kapal menurut Safety Of Life At Sea (SOLAS 74) aturan 29 Bab II yang diharuskan untuk kepentingan dan keselamatan serta sesuai yang diisyaratkan pada perangkat kemudi utama pada saat kapal melaju dengan kecepatan ekonomis maksimum, harus dapat disimpangkan sebesar 35 derajat ke kiri dan ke kanan dalam waktu 28 detik. Pengujian dilakukan dengan memutar kemudi dari tengah/midship ke kanan/starboard side 35 derajat dilanjutkan ke midship dilanjutkan ke kiri/port side 35 derajat dilanjutkan ke midship. Hasil pengujian kedua sensor tersebut memiliki respons yang cepat sehingga bisa digunakan sebagai sensor dalam simulasi kemudi kapal ini. Hasil pembacaan sensor potensiometer melalui pembacaan di serial monitor arduino pada tingkat ketelitian potensiometer tersebut didapatkan dengan membagi 1023 dengan 300 sehingga dalam 1 derajat hasilnya 3,41, sedangkan tingkat ketelitian sensor incremental rotary encoder adala 4,571 didapatkan dari 160 dibagi dengan 35.

Kata kunci: *Kemudi kapal, arduino, incremental rotary encoder, potensiometer.*

ABSTRACT

A ship's rudder according to Safety Of Life At Sea (SOLAS 74) rule 29 Chapter II which is required for the sake of safety and as required by the main steering gear when the ship is traveling at maximum economic speed, must be able to deviate 35 degrees to the left and to the left. right in 28 seconds. The test was carried out by turning the rudder from the middle/midship to the right/starboard side 35 degrees, then midship, continuing to the left/port side 35 degrees, then midship. The test results of the two sensors have a fast response so they can be used as sensors in this ship steering simulation. The potentiometer sensor reading results through readings on the Arduino serial monitor at the potentiometer accuracy level are obtained by dividing 1023 by 300 so that in 1 degree the result is 3.41, while the incremental rotary encoder sensor accuracy level is 4.571 obtained from 160 divided by 35.

Keywords: *Ship rudder, arduino, incremental rotary encoder, potentiometer.*

1. PENDAHULUAN

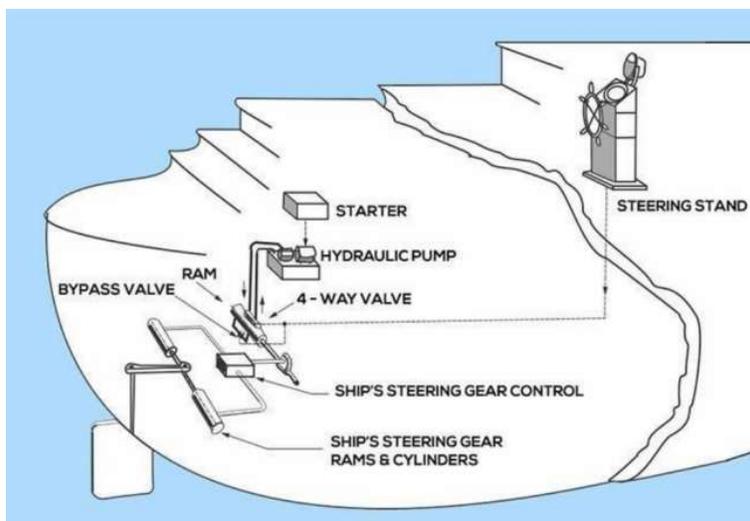
Dalam dunia pendidikan maritim vokasi simulator sering digunakan dalam kegiatan praktikum untuk melatih taruna dan taruni untuk mengaplikasikan teori. Simulator kapal yang digunakan dalam pembelajaran taruna dan taruni jurusan nautika adalah *full bridge simulator* dan *part task simulator* yang mempunyai bentuk dan fungsi sama seperti alat atau unit yang aslinya (**Purba, dkk, 2018**). Penggunaan alat simulator sebagai sarana pembelajaran dapat menampilkan sejumlah besar pelabuhan utama kapal pesiar, berbagai model kapal dari berbagai kapal pesiar dengan kemampuan untuk mengubah kondisi laut dan cuaca dan termasuk lalu lintas kapal (**Hartanto, 2018**). Pada jurusan teknika perlu adanya pengembangan teknologi yang mengarah ke *research and development* yang berguna bagi industri pembuatan kapal dalam hal ini industri galangan kapal. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor potensiometer dan sensor *incremental rotary encoder* untuk dibandingkan sebagai sensor simulasi kemudi kapal. Tema riset nasional penelitian ini memiliki korelasi terhadap teknologi penguatan infrastruktur dan konektivitas maritim dan fokus bidang penelitian Politeknik Maritim Negeri Indonesia pada rencana induk penelitian 2018-2022 termasuk ke dalam teknologi penguatan infrastruktur maritim.

Sesuai dengan *SOLAS 1978* suatu sistem kemudi kapal mampu mengemudikan kapal dari posisi *port side* 35 derajat ke *starboard side* 35 derajat atau sebaliknya, saat putaran mesin maksimum dan beban maksimum dalam jangka waktu maksimum 28 detik (**Yusim & Waluyo, 2021**). Berdasarkan latar belakang masalah yang diuraikan di atas, maka permasalahan yang akan diangkat pada pembuatan rancang bangun simulasi ini yaitu membuat kemudi kapal yang mampu merespon selama 28 detik dan mampu mengemudikan kapal dari posisi *port side* 35 derajat ke *starboard side* 35 derajat atau sebaliknya.

Mengingat keterbatasan waktu penelitian maka perlu diberikan pembatasan masalah, antara lain menggunakan arduino untuk mengolah data *incremental rotary encoder* dan menghubungkan ke komputer melalui serial USB serta membandingkan kehandalan antara potensiometer dengan *incremental rotary encoder* untuk sistem kemudi kapal dari segi waktu dan tingkat ketelitiannya. Tujuan dari penelitian ini antara lain membandingkan antara *incremental encoder* dengan potensiometer untuk simulasi kemudi kapal dari segi waktu dan tingkat ketelitiannya, membuat simulasi kemudi kapal berbasis *research and development* yang berguna dalam pembelajaran di laboratorium teknika serta sebagai alat bantu belajar mengajar di kelas dan laboratorium teknika sebagai pembelajaran tentang kemudi kapal dan cara merakitnya menggunakan arduino.

Manfaat dari penelitian ini antara lain sebagai alat bantu belajar mengajar di kelas dan laboratorium sebagai pembelajaran tentang kemudi kapal dan cara merakitnya menggunakan arduino, mengetahui proses rancang bangun simulasi kemudi kapal, pembuatan alat ini bertujuan untuk membuat sebuah alat peraga/simulasi sederhana mengenai cara kerja dari kemudi kapal, merancang simulator kemudi kapal secara mandiri.

Kemudi merupakan sistem utama terhadap pergerakan kapal untuk menentukan arah haluan dan kendali olah gerak kapal di pelabuhan. Proses pengendalian operasi kapal saat olah gerak tidak dapat dipisahkan dari permesinan bantu yang disebut kemudi. Mekanis mepergerakan kapal dengan kemudi merupakan sebuah sistem terintegrasi. Pergerakan roda kemudi dari *wheel house* harus mampu menggerakkan daun kemudi (**Muhammad, dkk, 2019**). Sebuah sistem yang terintegrasi dengan sistem kendali jarak jauh merupakan dasar penataan kemudi di kapal. Penataan sistem kemudi kapal dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Penataan *Steering Gear* di Kapal

Berdasarkan Gambar 1 (Ghosh, 2021) dapat dilihat penataan sistem kemudi agar dapat bekerja efektif dan efisien. Sistem yang terhubung dari roda kemudi terdiri dari banyak komponen yang digunakan. Efisiensi kinerja mesin kemudi kapal tergantung pada beberapa aspek utama. Persyaratan dasar yang harus selalu dipenuhi oleh semua mesin kemudi diatur oleh biro klasifikasi dengan berpedoman konvensi *SOLAS 1974*. Mesin kemudi pada kapal niaga harus memenuhi antara lain pertama harus mampu mengemudikan kapal dari posisi *port side* 35 derajat ke *starboard side* 35 derajat atau sebaliknya, saat putaran mesin maksimum dan beban maksimum dalam jangka waktu maksimum 28 detik. Kedua saat keadaan darurat kemudi harus mampu memutar 15 derajat *port side* ke 15 derajat *starboard side* atau sebaliknya dalam jangka waktu 1 menit dengan kecepatan kapal maksimum 7 knots. Ketiga harus terdapat dua sumber penggerak mesin kemudi untuk mengantisipasi saat terjadi kerusakan. Keempat saat terjadi keadaan darurat harus terdapat sumber listrik dari generator darurat pada salah satu pompa hidrolis minyak kemudi.

Sistem kemudi kapal menggunakan PLC CX Programmer sebagai kontrolernya berbasis SCADA dengan sensor yang digunakan adalah sensor limit *switch*. Sebagai tampilan dari aplikasi yang dibuat ini digunakan HMI (*Human Machine Interface*). Pengujian dilakukan dengan menghitung volume pada *steering gear* melalui pemantauan pada HMI (Aji & Susilo, 2021). Suatu kemudi pada kapal terdapat komponen *steering gear* yang apabila terjadi kebocoran dapat mengurangi performa dari daun menurut aturan *SOLAS 74* aturan 29 Bab II daun kemudi tersebut bergerak dari sisi *port side* ke sisi *starboard side* secara optimal dalam waktu kurang lebih 28 detik. Pada kapal LPG/C Gas Walio menggunakan sistem elektrik hidraulik pada *steering gear*-nya yang digerakkan oleh pompa hidraulik terhadap hidraulik aktuator yang dipasang langsung pada batang daun kemudi untuk menggerakkan daun kemudi. Dampak dari kebocoran pada *steering gear* ini adalah terjadi penurunan tekanan hidrolis berdampak pada waktu yang dibutuhkan *steering gear* dari *port side* 30 derajat menuju *starboard side* 35 derajat atau sebaliknya dibutuhkan waktu yang melebihi dari ketentuan *SOLAS 74* aturan 29 Bab II yaitu kurang lebih 30 detik (Prasetyo & Achmad, 2019).

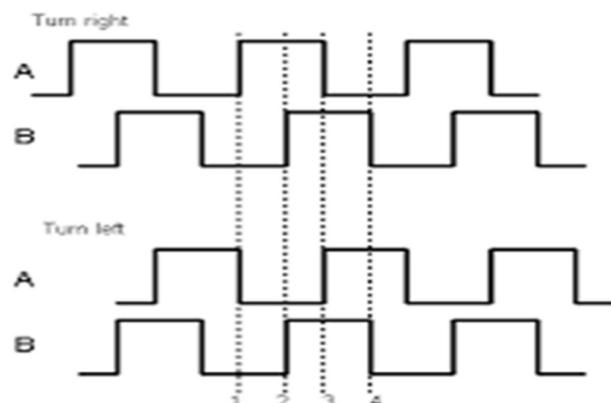
Sensor kemudi kapal yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor *incremental rotary encoder* dan sensor potensiometer. Pada penelitian sebelumnya sensor *optocoupler rotary encoder* digunakan untuk mengukur kecepatan arus laut dengan tujuan untuk keselamatan

bernavigasi dalam pelayaran bagi kapal yang akan keluar masuk pelabuhan (**Jiwa, dkk, 2016**). Sensor *incremental rotary encoder* yang dikendalikan oleh mikrokontroler STM32F407VGT6 pada *Treatment Control Unit* Brakiterapi HDR-IR192 yang sedang dikembangkan di bidang Instrumentasi Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir BATAN. Hasil pengujian ditampilkan menggunakan LCD menunjukkan nilai negatif saat *incremental rotary encoder* diputar berlawanan arah jarum jam dan positif ketika diputar searah jarum jam (**Mohamad, dkk, 2019**). Sensor *incremental rotary encoder* digunakan juga pada sensor sudut kemudi pada minibus dengan spesifikasi 60 pulsa per putaran. Hasil pengujian dari sensor ini didapatkan resolusi sudut 6° per pulsa dan 105 jumlah pulsa untuk setengah dari rasio transmisi kemudi (**Kaleg, dkk, 2014**).

Potensiometer dapat digunakan sebagai sensor untuk mengukur derajat putaran kemudi dengan membaca nilai resistansinya untuk diubah ke dalam nilai digital menggunakan analog to digital converter yang terdapat di arduino (**Utomo, dkk, 2020**). ADC atau disebut juga dengan *Analog to Digital Converter* merupakan fitur yang dimiliki oleh *arduino* sebagai mikrokontroler guna membaca sinyal analog kemudian dikonversikan menjadi sinyal digital (**Elgamar, 2018**). Pada alat pendeteksi curah hujan sensor potensiometer digunakan sebagai sensor pendeteksi perubahan masa dan perubahan panjang yang akan menggerakkan sensor potensiometer tersebut dan hasilnya Arduino uno membaca nilai perubahan tegangan terhadap perubahan resistansi hasilnya ditampilkan pada LCD (**Yunita, dkk, 2018**).

2. METODE

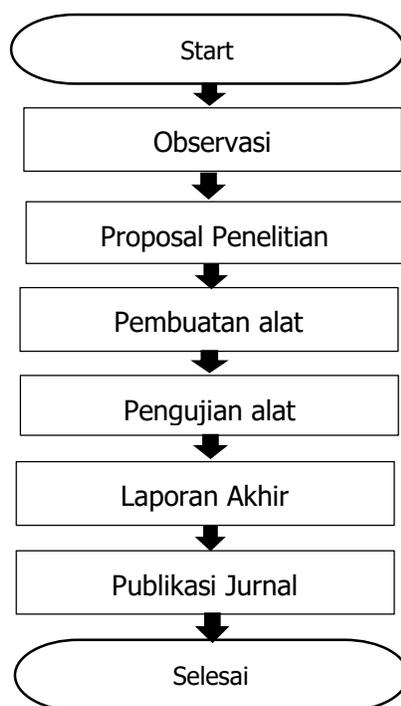
Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah kemudi kapal, *incremental rotary encoder*, potensiometer, Arduino Uno, dan *software visual basic* (**Ramdan & Wijaksana, 2017**). Kemudi pada simulasi ini digunakan untuk menentukan arah gerakan kapal ke arah *port side* atau *starboard side*. Kemudi ini terhubung dengan sensor potensiometer dan *sensor incremental rotary encoder* melalui sebuah *shaft*. *Rotary encoder* digunakan untuk menentukan berapa derajat kapal akan berbelok ke kanan atau ke kiri. *Output rotary optical encoder* berupa pulsa dua buah pulsa yaitu *channel A* dan *channel B* akan menentukan besarnya berapa derajat kapal akan berbelok ke kanan atau ke kiri. Data pulsa tersebut akan diolah oleh arduino kemudian dikirim secara serial melalui *port USB* (**Sitanggang, dkk, 2019**).



Gambar 2. Sinyal Rotary Encoder

Output dari sinyal *rotary encoder* tersebut berupa pulsa digital atau gelombang kotak yang terdiri dari dua buah sinyal yaitu sinyal A dan sinyal B. *Output* dari kedua sinyal tersebut berbeda fasa sebesar 90 derajat sehingga dapat digunakan untuk membedakan arah putaran kemudi ke arah kanan atau kiri menggunakan *software arduino* yang telah diprogram (**Mohamad, dkk, 2019**). *Output rotary optical encoder* berupa pulsa akan menentukan besarnya berapa derajat kapal akan berbelok ke kanan atau ke kiri (**Safwan, dkk, 2021**). Data pulsa tersebut akan diolah oleh arduino kemudian dikirim secara serial melalui *port USB* (**Louis, 2016**). Potensiometer dapat digunakan sebagai sensor untuk mengukur derajat putaran kemudi dengan membaca nilai resistansinya untuk diubah ke dalam nilai digital menggunakan *analog to digital coverter* yang terdapat di arduino. Potensiometer untuk mengukur derajat sudut kemudi kapal, menggunakan arduino untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital kemudian mengirimkan datanya ke komputer, dan menggunakan *visual basic* untuk menampilkan simulasi pada komputer.

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dapat dilihat melalui Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Alur Pembuatan Penelitian

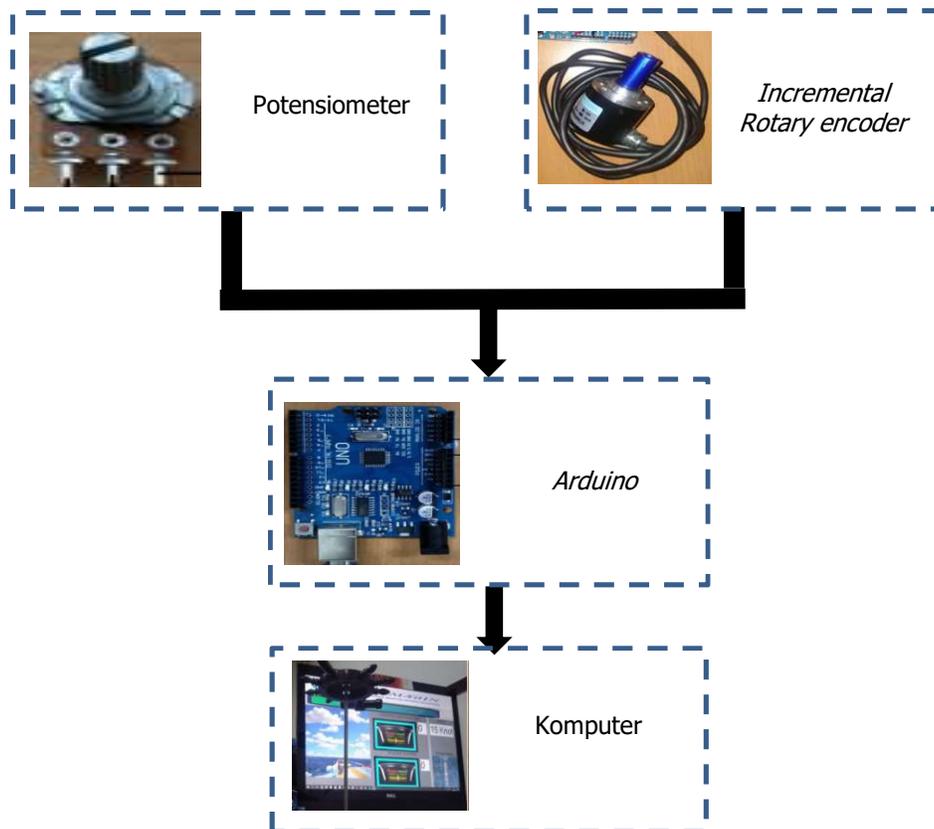
Tahap persiapan penelitian antara lain melakukan studi pustaka yaitu menghimpun data-data referensi melalui jurnal penelitian sebelumnya mengenai sistem kemudi kapal. Dari beberapa referensi jurnal penelitian tentang sistem kemudi kapal kemudian akan ditemukan suatu masalah yang harus dipecahkan yang akan menjadi tema penelitian ini untuk dijadikan proposal penelitian. Tahap selanjutnya adalah tahap pelaksanaan penelitian yaitu dengan merancang simulasi kemudi kapal ini kemudian dibuat menjadi suatu alat simulasi. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium komputer Politeknik Maritim Negeri Indonesia dengan menggunakan *software visual basic* untuk menampilkan simulasi kemudi kapal. Pengambilan data penelitian ini dilakukan dengan *monitoring* serial arduino untuk mendapatkan tingkat ketelitian dari potensiometer dengan cara memutar potensiometer secara maksimal ke kanan dan ke kiri. Pada *incremental rotary encoder* juga dilakukan *monitoring* melalui serial monitor

arduino dengan cara memutar ke kanan 35 derajat dan ke kiri 35 derajat sehingga didapatkan tingkat ketelitian dari *incremental rotary encoder* tersebut. Selain itu sesuai dengan peraturan SOLAS 74 aturan 29 Bab II mengenai kemudi kapal maka perlu diambil data waktu pengujian *port side* kemudi 35 derajat dan *starboard side* 35 derajat dan kemudi tidak lebih dari 28 detik saat kecepatan maksimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Skema alat simulasi untuk kemudi kapal seperti ditunjukkan oleh Gambar 4 dimulai dari kemudi berfungsi sebagai antarmuka antara nakhoda kapal dengan *rudder* atau daun kemudi untuk membelokkan kapal ke kiri (*port side*) dan ke kanan (*starboard side*). Sensor potensiometer dan sensor *incremental rotary encoder* digunakan untuk menentukan berapa derajat putaran kemudi serta menentukan kemudi berbelok ke *port side* atau *starboard side*. Sinyal yang dikeluarkan oleh potensiometer dengan memanfaatkan fitur *ADC (Analog to Digital Converter)* yang ada di arduino sinyal tersebut diubah ke dalam sinyal digital untuk dapat dibaca di komputer. Ketika kemudi atau daun kemudi digerakkan ke arah *port side* dan *starboard side* maka diikuti gerakan daun kemudi yang ada di buritan kapal yang dapat dilihat pergerakan dari daun kemudi tersebut pada komputer.



Gambar 4. Skema Alat

Data dari arduino dikirimkan ke komputer melalui *port USB* dengan *software* yang digunakan adalah *visual basic* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5. *Steering gear control* atau kemudi berfungsi sebagai *monitoring* berapa derajat *steering* ketika diputar dan *rudder control* atau daun kemudi berfungsi sebagai *monitoring* berapa derajat posisi *rudder* ketika *steering* diputar, terdapat pembacaan secara analog dan digital pada keduanya.

Perbandingan Sensor Incremental Rotary Encoder Dan Potensiometer Pada Simulasi Kemudi Kapal Berbasis Arduino



Gambar 5. Alur Pembuatan Penelitian

Desain kemudi menggunakan sensor *incremental rotary encoder* seperti ditunjukkan oleh Gambar 6(a) dan menggunakan sensor potensiometer seperti ditunjukkan Gambar 6(b) digunakan untuk menghitung derajat putaran kemudi dan untuk mengetahui arah putaran kemudi berputar ke kanan atau ke kiri. Potensiometer dihubungkan dengan tegangan 5 volt yang ada di arduino sebagai tegangan referensinya, sedangkan pada *incremental rotary encoder* dihubungkan dengan tegangan 5 volt juga. Perbedaan pada keduanya apabila *output* dari potensiometer berupa sinyal analog 0 sampai dengan 5 volt, sedangkan pada *incremental rotary encoder* berupa sinyal digital atau dua buah pulsa untuk mengukur derajat dan menentukan putar kanan atau putar kiri.



(a)

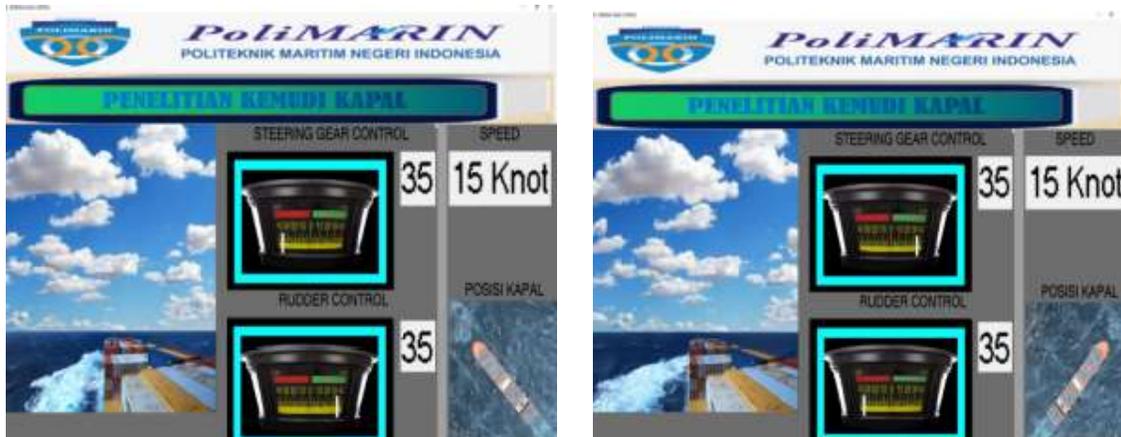


(b)

Gambar 6. (a) Skema Alat menggunakan *Incremental Rotary Encoder*, (b) Skema Alat menggunakan Potensiometer

3.2 Pembahasan

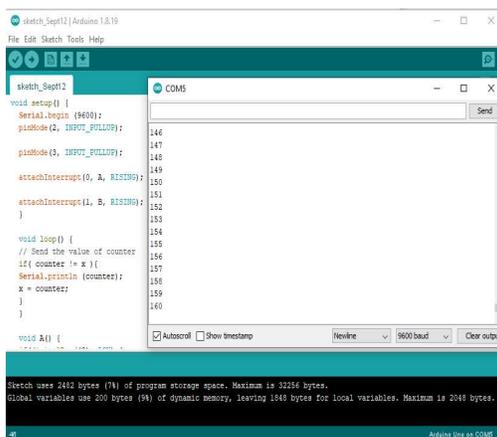
Pengujian *port side* 35 derajat dilakukan dengan memutar kemudi ke arah kiri sebesar 35 derajat dengan mengamati gerakan daun kemudi dan didapatkan waktu 4 detik sampai daun kemudi mencapai 35 derajat ditambah dengan memutar kemudi kembali ke *midship* atau 0 derajat dengan mengamati gerakan daun kemudi dan didapatkan waktu 4 detik sampai daun kemudi mencapai 0 derajat. Pengujian *port side* 35 derajat dilakukan dengan memutar kemudi ke arah kanan sebesar 35 derajat dengan mengamati gerakan daun kemudi dan didapatkan waktu 4 detik sampai daun kemudi mencapai 35^o ditambah dengan memutar kemudi kembali ke *midship* atau 0 derajat dengan mengamati gerakan daun kemudi dan didapatkan waktu 4 detik sampai daun kemudi mencapai 0 derajat.



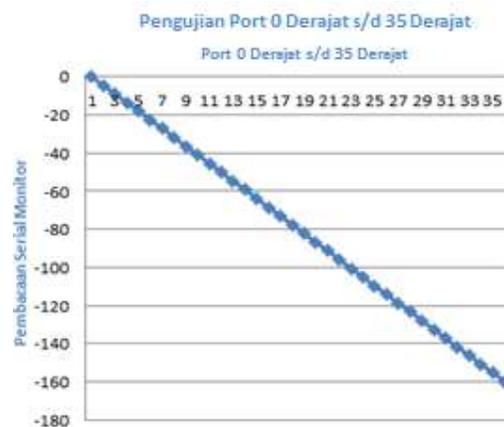
(a)

(b)

Gambar 7. (a) Simulasi di Komputer *Port* 35 Derajat, (b) Simulasi di Komputer *Starboard* 35 Derajat



(a)



(b)

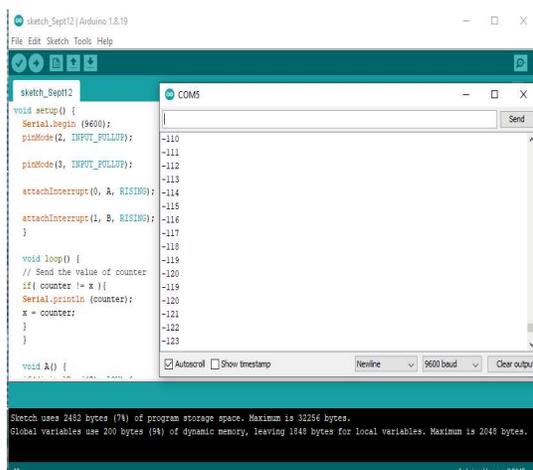
Gambar 8. (a) Pembacaan Sinyal *Incremental Rotary Encoder* Melalui Serial Monitor *Arduino*, (b) Sinyal *Incremental Rotary Encoder* *Port* 35 Derajat

Pembacaan sinyal *incremental rotary encoder* untuk *port side* menggunakan serial monitor arduino seperti ditunjukkan pada Gambar 8(a) dan hasil pengujian sensor *incremental rotary encoder* pada saat putar kiri atau *port side* 0 derajat sampai dengan 35 derajat ditunjukkan

Perbandingan Sensor Incremental Rotary Encoder Dan Potensiometer Pada Simulasi Kemudi Kapal Berbasis Arduino

oleh Gambar 8(b). *Output* dari sensor *incremental rotary encoder* berupa dua buah pulsa digital oleh arduino data tersebut dikirimkan ke komputer berupa angka 0 sampai dengan -160 pada pengujian *port side*. Data pulsa tersebut diolah oleh komputer menggunakan *software visual basic* untuk menampilkan posisi kemudi atau kemudi kemudian ditambahkan *delay* untuk menampilkan posisi daun kemudi yang ditunjukkan pada *rudder control*. Pada saat kemudi diputar ke arah *port side* maka daun kemudi bergerak ke arah kanan dan sebaliknya apabila kemudi diputar ke arah *starboard side* maka daun kemudi bergerak ke arah kiri.

Nilai pembacaan serial monitor arduino ketika *incremental rotary encoder* pada posisi *midship* adalah 0 dan saat posisi *starboard* adalah positif dan pada saat posisi *port side* adalah negatif. Pembacaan sinyal *incremental rotary encoder* untuk *starboard side* menggunakan serial monitor arduino seperti ditunjukkan pada Gambar 9(a) dan hasil pengujian sensor *incremental rotary encoder* pada saat putar kiri atau *port side* 0 derajat sampai dengan 35 derajat ditunjukkan oleh Gambar 9(b). Pengujian didapatkan data angka 0 untuk 0 derajat sampai dengan 160 untuk 35 derajat *starboard side*. Pada saat kemudi diputar ke arah *starboard side* maka daun kemudi bergerak ke arah kiri dan kapal secara perlahan akan berbelok ke kanan. Respons sensor *incremental rotary encoder* saat kemudi diputar sangat baik artinya hampir tidak ada perbedaan waktu saat kemudi diputar dengan pembacaan kemudi kemudian diberi *delay* secara perlahan daun kemudi menyesuaikan posisi kemudi. Tingkat ketelitian sensor *incremental rotary encoder* adalah 4,571 didapatkan dari 160 dibagi dengan 35.



```
sketch_Sep12 | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

sketch_Sep12 | COM5
Serial.begin(9600);
pinMode(2, INPUT_PULLUP);
pinMode(3, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(0, A, RISING);
attachInterrupt(1, B, RISING);
}
}
void loop() {
// Send the value of counter
if (counter != x) {
Serial.println(counter);
x = counter;
}
}
}

-110
-111
-112
-113
-114
-115
-116
-117
-118
-119
-120
-121
-122
-123
```

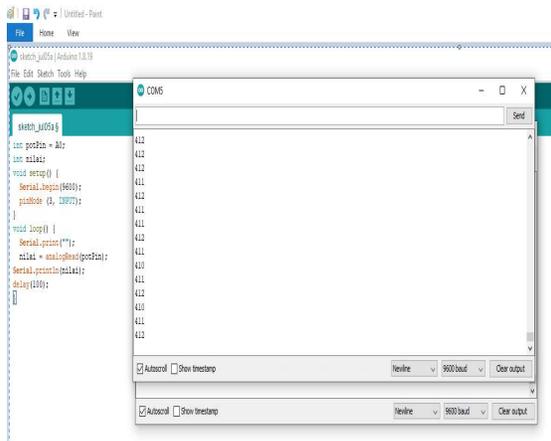
(a)



(b)

Gambar 9. (a) Pembacaan Sinyal *Incremental Rotary Encoder* Melalui Serial Monitor Arduino, (b) Sinyal *Incremental Rotary Encoder Starboard* 35 Derajat

Pembacaan sinyal potensiometer untuk *port side* menggunakan serial monitor arduino seperti ditunjukkan pada Gambar 10(a) dan hasil pengujian sensor potensiometer pada saat putar kiri atau *port side* 0 derajat sampai dengan 35 derajat ditunjukkan oleh Gambar 10(b). Pengujian didapatkan data angka 512 untuk posisi kemudi 0 derajat sampai dengan 632 untuk posisi 35 derajat *starboard side*. Respon sensor potensiometer saat diputar sangat baik.



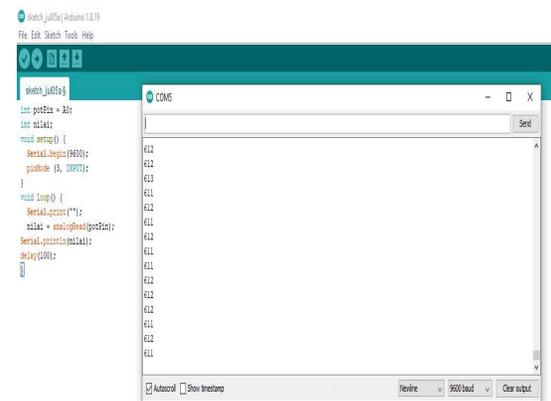
(a)



(b)

Gambar 10. (a) Pembacaan Sinyal Potensiometer Melalui Serial Monitor *Arduino*, (b) Sinyal Potensiometer *Port* 35 Derajat

Hasil pengujian potensiometer menggunakan serial monitor arduino pada posisi *midship* adalah 512 diperoleh dari pembacaan potensiometer saat diputar maksimal adalah 1023 kemudian dibagi dengan 2. Saat posisi *starboard* 35 derajat adalah 632 dan pada saat posisi *port* adalah 35 derajat adalah 392. Hasil pengukuran menggunakan busur derajat saat potensiometer diputar dari kiri ke kanan maksimal 300 derajat. Tingkat ketelitian potensiometer didapat dengan membagi 1023 dengan 300 sehingga dalam 1 derajat hasilnya adalah 3,41. Sensor potensiometer memiliki batasan putaran kurang dari 360 derajat tetapi tidak akan menjadi masalah karena putaran yang digunakan adalah 70 derajat dalam simulasi kemudi kapal ini.



(a)



(b)

Gambar 11. (a) Pembacaan Sinyal Potensiometer Melalui Serial Monitor *Arduino*, (b) Sinyal Potensiometer *Starboard* 35 Derajat

Sesuai dengan *SOLAS* 1978 suatu sistem kemudi kapal mampu mengemudikan kapal dari posisi *port side* 35 derajat ke *starboard side* 35 derajat atau sebaliknya, saat putaran mesin maksimum dan beban maksimum dalam jangka waktu maksimum 28 detik dan dari hasil pengujian diperoleh waktu 16 detik. Pengujian dilakukan dengan tahapan memposisikan kemudi atau *steering gear* dari 0 derajat ke 35 derajat *port side* lalu diposisikan 35 derajat *port side* ke 0 derajat atau *midship* kemudian ke 35 derajat *starboard side* dan kembali ke *midship* 0 derajat waktu maksimal tempuh daun kemudi sesuai peraturan *Solas* tersebut

harus di bawah 28 detik. Hasil pengujian tingkat ketelitian dalam satu derajat untuk potensiometer 3,41 dan untuk *incremental rotary encoder* 4,571.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan desain kemudi menggunakan sensor *incremental rotary encoder* dan *sensor potensiometer* dapat digunakan untuk aplikasi simulasi kemudi kapal sesuai dengan hasil pengujian menurut SOLAS 1978 suatu sistem kemudi kapal mampu mengemudikan kapal dari posisi *port side* 35 derajat ke *starboard side* 35 derajat atau sebaliknya, saat putaran mesin maksimum dan beban maksimum dalam jangka waktu maksimum 28 detik dan dari hasil pengujian diperoleh waktu 16 detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen dan tenaga kependidikan yang telah membantu terlaksananya penelitian ini serta laboratorium komputer Polimarin yang telah menyediakan fasilitas dan ruangan komputer selama pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih kepada Ditjen Vokasi yang telah mendanai penelitian ini melalui program Simlimtabmas Tahun 2022 untuk Penelitian Dosen Pemula (PDP) sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Aji, B. L., & Susilo, K. E. (2021). Sistem Kontrol Kemudi Kapal Berbasis SCADA Menggunakan Aplikasi CX Programmer Dan Easybuilder. *Jurnal SAINTEKOM*, 11(1), 44-51.
- Elgamar. S. (2018). Analisa Dan Implementasi Transformasi Analog To Digital Converter (ADC) Untuk Mengkonversi Suara Kebentuk Teks. *SATIN - Sains dan Teknologi Informasi*, 3(2), 71-77.
- Ghosh, S. (2022, February 17). Understanding steering gear in ships. Marine Insight. Retrieved November 9, 2022, from <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/understanding-steering-gear-ships/>
- Hartanto, C. F. B. (2018). Pemanfaatan Simulator Dalam Meningkatkan Pengetahuan Dan Keterampilan Bernavigasi Taruna Akademi Pelayaran Niaga Indonesia. *Jurnal Mitra Pendidikan*, 2(4), 404-415.
- Jiwa, F. T., Hadi, P. N., Negara, A. K., & Fatoni, K. I. (2016). Prototype Alat Ukur Arah Dan Kecepatan Arus Laut Menggunakan Microcontroller Arduino Dengan Sensor Rotary Encoder. *Jurnal Hidropilar*, 2(2), 163-171.
- Kaleg, S., Muharam, A., Kurnia, M. R., & Hapid, A., (2014). Evaluaton Of Potential Usage Of Incremental-Type Rotary Encoder Application For Angle Sensing In Steering System, *Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, 5(2), 83-90

- Louis, L. (2016). Working Principle Of Arduino And Using It As A Tool for Study And Research. *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems*, 1(2), 21–29.
- Mohamad, A., Joko, T., & Sukandar, S. (2019). Antar Muka Quadrature Rotary Encoder Pada STM32F407VGT6 Brakiterapi HDR IR-192 Menggunakan Modul LS7184N. *Aplikasi dan Rekayasa dalam Bidang Iptek nuklir (PRIMA)*, 16(2), 24-32.
- Muhammad, A. H., Paroka, D., Rahman, S., & Firmansyah M. R. (2019). Pengaruh Sudut Kemiringan Dan Jarak antar Daun Kemudi Terhadap Kinerja Maneuvering KMP Bontoharu. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 16(3), 106–114.
- Prasetyo, D., & Achmad, N. (2019). Analisis Kebocoran Minyak Hidraulik Steering Gear LPG/c Gas Walio Terhadap Keselamatan Kapal Sesuai Hazop. *Jurnal 7 Samudra Politeknik Pelayaran Surabaya*, 4(1), 47–63.
- Purba, D., Novandi, F., & Arleny, A. (2018). Pengembangan Simulator Untuk Menentukan Jarak Tempuh Dan Arah Haluan Kapal Berbasis Peta Digital Web. *Warta Penelitian Perhubungan*, 29(2), 159–164.
- Ramdan, D. S., & Wijaksana, M. N., (2017). Sistem Monitoring Suhu Cold Storage Menggunakan Data Logger Berbasis Arduino Dan Visual Basic. *Jurnal Ilmiah Manajemen Informatika dan Komputer (KOPERTIP)*, 1(3), 107–112.
- Safwan, Mawaddah, I., Zakwansyah, (2021). Rancang Bangun Prototype Alat Pengukur Jarak Vertikal Dan Horizontal Berbasis Infrared Dan Roda. *Jurnal J-Innovation*, 10(1), 30-33.
- Sitanggang, D., Aloina, G., & Ridho, M. (2019). Perancangan Dan Pembuatan Sistem Alat Pengendalian Pada Pipas Angin Menggunakan PIR. (Passive Infrared Recevier) Dan Arduino Berbasis Android. *Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP)*, 2(2), 380-384.
- Utomo, B., Dwi Setyaningsih, N. Y., & Iqbal, M. (2020). Kendali Robot Lengan 4 DOF Berbasis Arduino Uno Dan Sensor mpu-6050. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 11(1), 89–96.
- Yunita, F., Warsito, Sulistiyanti, S. R. (2018). Desain Dan Analisis Alat Ukur Ketinggian Curah Hujan Menggunakan Micro Sd (Secure Digital) Sebagai Media Penyimpanan. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 6(1), 43-50.
- Yusim, A. K., & Waluyo, B. S. (2021). Pengujian Sistem Steering Gear Pada Saat Sea Trial Kapal Perintis Sabuk Nusantara 750 DWT. *Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi Kelautan*, 2(3), 92-98.