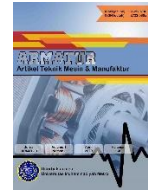
Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

Simulasi Daun Kemudi Kapal Dengan Variasi Beban

Arif Rakhman Suharso ^{1*}, Ario Hedartono ², Susanto ³^{1,3} Jurusan Teknik, Politeknik Maritim Negeri Indonesia, Jl. Pawiyatan Luhur I, Bendan Duwur, Gajahmungkur, Semarang² Jurusan Nautika, Politeknik Maritim Negeri Indonesia, Jl. Pawiyatan Luhur I, Bendan Duwur, Gajahmungkur, Semarang

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:
Rudder
Arduino
Servo
load

A ship's steering system contains steering gear auxiliary machinery that functions to move the rudder or rudder when maneuvering the ship where the ship's rudder is located at the stern of the ship behind the propeller. This research aims to test the MG995 servo, which is used to move a simulated ship's rudder to measure the time and accuracy of the angle of rotation of the rudder with various load variations in accordance with Solas rules. This research is a continuation of the previous research roadmap regarding sensor comparison for ship steering simulations. The capabilities of the MG995 servo were tested by comparing several loads to test stall torque conditions and the ability to move the ship's rudder. The equipment used in preparing this ship steering simulation includes a rudder to determine the position towards the port side and starboard side, an Arduino as control equipment, a rotary encoder to determine the rudder angle, a servo to move the rudder, and a rudder to test the load on the servo.

Pendahuluan

Pergerakan sebuah kapal ditentukan oleh berapa derajat pergerakan daun kemudi atau *rudder* yang memiliki peran yang sangat penting dalam *maneuvering* dimana harus memenuhi standar keselamatan dalam suatu pelayaran [1]. Untuk meningkatkan keselamatan pada kapal niaga maka suatu kemudi kapal harus memenuhi aturan sesuai dengan peraturan

internasional *safety of life at sea (SOLAS)* tahun 1974/1978 yaitu mengenai waktu maksimum yang diperlukan tidak lebih dari 28 detik untuk memutar daun kemudi dari posisi port side 35 derajat ke starboard side 35 derajat atau sebaliknya dalam kondisi putaran mesin maksimum dan beban maksimum. Kemudian selanjutnya dalam kondisi *emergency* maka kemudi harus mampu memutar 15 derajat *port side* ke 15

*Corresponding author: arif.rakhman@polimarin.ac.id

DOI: <https://10.24127/armatur.v5i2.6367>

Received 17 Juli 2024; Received in revised form 19 Agustus 2024; Accepted 24 September 2024

Available online 30 September 2024

derajat *starboard side* atau sebaliknya waktu yang dibutuhkan tidak lebih dari 1 menit pada kecepatan kapal maksimum 7 knots [2]. Di dalam system kemudi kapal terdapat permesinan bantu *steering gear* yang berfungsi menggerakkan *rudder* atau daun kemudi ketika melakukan olah gerak kapal dimana daun kemudi kapal tersebut terletak di buritan kapal di belakang *propeller*. [3] Ukuran dan bentuk daun kemudi kapal terdapat beberapa faktor alam menentukannya disesuaikan dengan jenis kapalnya sehingga didapatkan manuver kapal yang terbaik yang dapat mendukung keselamatan kapal tersebut. Kapal yang memiliki manuver yang baik akan meningkatkan kemampuannya dalam menghindari tabrakan dengan benda atau objek pada jalur lintasan kapal. Salah satu yang mempengaruhi tingkat kemampuan manuver kapal adalah desain dari daun kemudi kapal [4]. Daun kemudi yang tidak sesuai untuk ukuran kapal tertentu memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap kapal tersebut pada saat berlayar. Peralatan yang dapat memberikan arah pada saat kapal melakukan manuver maupun saat bergerak lurus ditentukan oleh daun kemudi kapal beserta motor penggeraknya [5].



Gambar 1. Daun Kemudi [6]

Dalam menguji karakteristik pada motor DC servo maka termasuk di dalamnya adalah pengujian torsi, konsumsi daya, dan lamanya pergerakan waktu motor DC servo dengan catu daya yang berasal

dari baterai dan regulator. Motor DC tersebut perlu diuji untuk mengetahui samapai sejauh mana kemampuan torsi servo motor DC tersebut [7]. Motor servo merupakan motor yang dapat diatur pada posisi sudut tertentu yang terdiri atas motor DC, rangkaian kontrol dan gearset yang dapat memperlambat putaran motor dan meningkatkan torsi servo [8] Motor Servo dengan Arduino sebagai rudder kapal pada penelitian ini digunakan motor servo tipe MG995 sebagai aktuator yang berfungsi untuk mengatur derajat belokan pada kapal. Besar derajat motor servo ini dihasilkan dari perintah Arduino setelah membaca hasil dari sensor rotary encoder [9]. Pembuatan model rudder menggunakan servo motor bertujuan untuk mengukur perubahan sudut pada *rudder* dengan membaca sensor pada *rudder* di saat pengujian dengan menghitung waktu yang dibutuhkan oleh *rudder* untuk berputar hingga mencapai sudut 30 derajat [10].

Dalam proses pembelajaran di laboratorium teknik pada sekolah vokasi pelayaran tentu memerlukan sebuah simulator dalam kegiatan praktikumnya tentang cara kerja sebuah sistem pengoperasian di atas kapal dengan harapan mahasiswa akan memiliki pengetahuan dan keterampilan sebagaimana yang dipersyaratkan [11]. Dalam penelitian ini dirancang sebuah simulasi daun kemudi kapal dengan variasi beban dengan tujuan untuk menguji kekuatan *stall torque* servo MQ995 tersebut untuk menggerakkan daun kemudi kapal menurut aturan *Solas*. Proses pengujian ini yang akan dilaksanakan adalah pengujian servo dengan variasi beban daun kemudi sehingga hambatan dari daun kemudi terhadap *propeler* tersebut tidak ada. Pengujian dengan menggunakan *propeler* akan dilakukan pada penelitian selanjutnya.

Metode Penelitian

Penelitian ini mencoba membandingkan beberapa variasi beban yang diujikan dalam simulasi daun kemudi kapal menggunakan servo MG995.

Kemampuan dari servo MG995 ini diujikan dengan pebandingan beberapa beban untuk menguji kondisi *stall torque* serta kemampuan untuk menggerakkan daun kemudi kapal. Variasi berat daun kemudi yang diuji antara 5 kg sampai dengan 10 kg. Adapun objek penelitian ini adalah motor servo MG995 yang disimulasikan untuk menggerakkan daun kemudi kapal yang diujikan dengan beberapa variasi beban daun kemudi tersebut [12]. Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian simulasi daun kemudi kapal ini antara lain sebagai berikut :

Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan ini antara lain mengkaji referensi yang bersumber dari jurnal penelitian sebelumnya yang membahas tentang penggunaan servo MG995 sebagai pengendali sistem kemudi kapal, kemudian termasuk juga aturan yang membahas tentang simulasi kemudi kapal. Penelitian ini melanjutkan *roadmap* penelitian sebelumnya tentang perbandingan sensor kemudi kapal antara sensor potensiometer dengan sensor *rotary encoder*. [2]

Tahap Perancangan Alat

Dalam penelitian di lingkungan vokasional alat dan material merupakan properti pokok yang harus disediakan untuk dapat melakukan eksperimen. Perancangan pembuatan penelitian servo untuk daun kemudi kapal memerlukan alat dan material sebagai berikut:

Arduino

Mikrokontroler yang digunakan pengujian servo pada simulasi daun kemudi kapal ini adalah arduino yang menyediakan mikrokontroler yang mudah dan murah dengan kualitas yang cukup baik untuk membuat perangkat kontrol yang terhubung dengan sensor *rotary encoder* dan aktuator servo untuk menggerakkan daun kemudi.

Rotary encoder

Rotary encoder digunakan sebagai sensor yang terhubung dengan kemudi

kapal dan aduino untuk dibaca data dari pergerakan kemudi kapal. *Rotary encoder* banyak digunakan di industry untuk mengukur derajat putaran, kecepatan putaran dan lain sebagainya dengan output dua buah sinyal digital dan satu buah sinyal clock sehingga dapat membedakan arah putar kanan atau putar kiri. Dalam penelitian ini *rotary encoder* digunakan sebagai sensor untuk menentukan berapa derajat putaran kemudi kapal.

Kemudi

Kemudi pada simulasi pengujian daun kemudi kapal ini digunakan untuk menentukan arah gerakan kapal ke arah *port side* atau *starboard side*. Kemudi ini terhubung dengan sensor *rotary encoder* melalui sebuah *shaft*. *Rotary encoder* digunakan untuk menentukan berapa derajat kapal akan berbelok ke arah *port side* atau *starboard side*. Kemudi kapal merupakan suatu alat kapal yang digunakan untuk mengubah dan menentukan arah gerak kapal, baik arah lurus maupun belok kapal. Kemudi kapal akan terhubung ke *rotary encoder* untuk menentukan berapa derajat servo daun kemudi kapal akan berbelok ke arah *port side* atau *starboard side*.

Servo

Servo motor yang digunakan dalam perancangan daun kemudi kapal ini adalah tipe MG995 yang digunakan untuk memutar daun kemudi sebesar 35 derajat ke arah *port side* dan *starboard side* sesuai dengan Konvensi Internasional *Solas* aturan ke 29 tentang *steering gear*. Daun Kemudi atau *rudder* dibutuhkan agar kapal dapat berputar *ship maneuvering* [13]. Servo motor digunakan dalam penelitian ini karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi, torsi yang lumayan besar serta harga yang tidak terlalu mahal sehingga cocok digunakan untuk menggerakkan simulasi daun kemudi kapal ini. Ukuran daun kemudi ini disesuaikan besar kecilnya berdasarkan jenis kapal sedangkan dalam penelitian ini akan menguji servo MG995 dengan beban maksimal sehingga dapat

ditentukan nantinya desain ideal berat daun kemudi kapal ini.



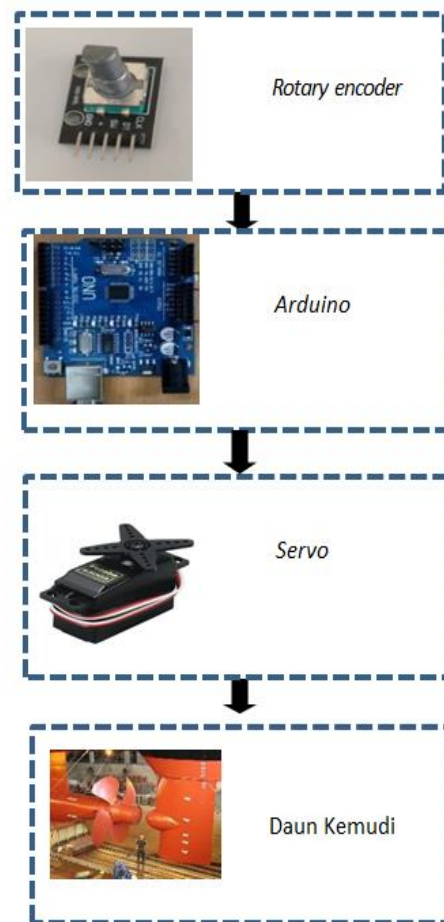
Gambar 2. Servo MG995

Tahap Pengambilan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah mencatat dan mengamati hasil pengujian servo untuk menggerakkan daun kemudi kapal ini dengan beban yang bervariasi sesuai dengan kondisi *stall torque* dari servo MG995. Sesuai dengan aturan solas 1978 yang digunakan sebagai aturan pengujian servo untuk menggerakkan daun kemudi kapal yaitu suatu sistem kemudi kapal diharuskan mampu memutar daun kemudi kapal dari posisi *port side* 35 derajat ke *starboard side* 35 derajat atau sebaliknya pada saat putaran mesin maksimum dan beban maksimum dengan waktu di bawah 28 detik [14]. Pengujian dilakukan di Laboratorium Komputer Politeknik Maritim Negeri Indonesia yaitu menguji daun kemudi kapal yang digerakkan oleh motor servo MG995 dengan variasi beban yang mampu merespon di bawah 28 detik dan mampu mengemudikan kapal dari posisi *port side* 35 derajat ke *starboard side* 35 derajat atau sebaliknya. Pengambilan data juga dilakukan dengan menguji ketepatan derajat putaran servo dengan variasi beban dan variasi sudut putaran. Tahap pengumpulan data selanjutnya yaitu merekam aktivitas penelitian dengan mengambil foto menggunakan kamera

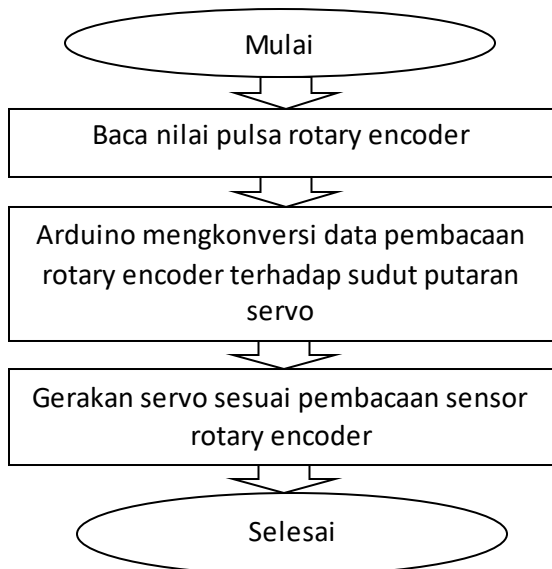
untuk mendapatkan foto dari perancangan alat dan pengujian alat pada saat proses pelaksanaan penelitian simulasi daun kemudi kapal ini.

Hasil dan Pembahasan



Gambar 3. Perancangan Alat

Peralatan untuk pengujian simulasi daun kemudi kapal dengan variasi beban ini merupakan alat yang dirancang untuk menguji servo MG995 terhadap kondisi *stall torque*. Alat ini terdiri atas kemudi kapal, sensor *rotary encoder*, arduino, komputer, servo, dan daun kemudi kapal. Untuk cara kerja dari perancangan alat dalam pengujian servo untuk daun kemudi disajikan dalam bentuk diagram blok yang terdapat pada Gambar 4 berikut :



Gambar 4. Alur Simulasi Kemudi Kapal

Berdasarkan data yang diperoleh dari datasheet servo tipe MG 996 untuk tegangan 4.8v maka *stall torque* sebesar 9 kgf/cm untuk tegangan 6 v *stall torque* sebesar 11 kgf/cm [15]. Skema alat simulasi untuk daun kemudi kapal menggunakan servo seperti ditunjukkan oleh Gambar 6 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 rotary encoder digunakan untuk menentukan berapa derajat putaran kemudi serta menentukan kemudi berbelok ke *portside* atau *starboard side*. Ketika kemudi atau 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. Servo berfungsi untuk menggerakkan daun kemudi sesuai dengan pergerakan kemudi melalui pembacaan sensor *rotary encoder*.



Gambar 5. Penimbangan Daun Kemudi

Proses penimbangan daun kemudi kapal ini adalah untuk mendapatkan berat aktual daun kemudi kapal sesuai dengan kondisi *stall torque* dari servo MQ 995. Setelah dilakukan penimbangan kemudian dilakukan pengujian yang dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu pengujian daun kemudi dengan berat di bawah 9 kg untuk menguji daun kemudi sesuai aturan *Solas* dan pengujian dengan berat di atas 9 kg untuk menguji *stall torque servo*.



Gambar 6. Pengujian Alat

Pengujian *stall torque* dari servo MG995 merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan torsi servo tersebut untuk menggerakkan simulasi daun kemudi kapal dengan beban bervariasi berdasarkan data yang diperoleh dari *datasheet* servo MG995 tersebut. Servo MG995 ini mempunyai *stall torque* dimana pada beban daun kemudi dengan berat maksimal maka servo tersebut akan macet sehingga daun kemudi tidak dapat berputar. Pengujian dilakukan dengan memutar kemudi yang telah terhubung dengan sensor rotary encoder ke arah *port side* 35 derajat dan *starboard side* 35 derajat menggerakkan servo yang terhubung ke daun kemudi melalui control arduino.



Gambar 7. Penambahan dan Pengurangan Beban

Pada daun kemudi ditambahkan busur derajat agar setiap perputaran sudut dari daun kemudi yang terhubung dengan servo motor dapat diamati.

Tabel 1. Pengujian servo untuk memutar daun kemudi dengan berat 5- 10 kg

Beban daun Kemudi (kg)	Port side 35 derajat	Starboard Side 35 derajat	< 28 detik
5	√	√	√
6	√	√	√
7	√	√	√
8	√	√	√
9	√	√	√
10	x	x	x

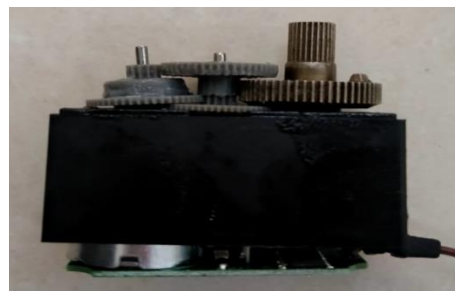
Keterangan :

√ : Pengujian berhasil atau sesuai

x : Pengujian tidak berhasil atau servo macet

Berdasarkan hasil pengujian servo MG995 dalam menggerakkan daun kemudi kapal mampu memutar daun kemudi kapal sampai dengan 9 kg. Penambahan beban di atas 9 kg menyebabkan servo tersebut macet. Power supply dari servo tersebut menggunakan power supply dari USB

computer sebesar kurang lebih 5 V. Untuk beban di bawah 9 kg diuji sesuai dengan dengan aturan *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 dengan hasil waktu yang dibutuhkan kurang dari 28 detik.



Gambar 8. Kerusakan Mekanik Servo

Pengujian dengan beban daun kemudi di atas 9 kg menyebabkan kerusakan pada gear servo sehingga servo tidak dapat berputar lagi. Pada dasarnya roda gigi servo dapat mengalami kerusakan apabila diberi beban melebihi kapasitas yang telah ditentukan. Pengecekan kerusakan servo dengan melihat motor utama yang masih berputar sedangkan daun kemudi tidak ada reaksi atau tidak dapat berputar dengan beban 5 kg maka dapat dipastikan terjadi keausan pada bagian mekanis roda gigi servo akibat memutar beban daun kemudi yang terlalu berat melebihi *stall torque* servo.

Kesimpulan

Pengujian servo MG995 untuk menggerakkan daun kemudi kapal yang telah dirancang ini dilakukan untuk menguji kondisi dari *stall torque* dari servo tersebut berdasarkan *datasheet* pada tegangan 4.8 v maka *stall torque* sebesar 9 kg/cm. Dari hasil pengujian beban daun kemudi hanya mampu memutar daun kemudi sebesar 9 kg, penambahan beban di atas 9 kg maka servo tersebut macet atau *stall torque* seta terjadi keausan pada

gearset. Power supply yang digunakan bersumber dari USB komputer sebesar kurang lebih 5 v. Hasil pengujian untuk beban di bawah 9 kg menunjukkan servo mampu memutar daun kemudi dari port side 35 derajat ke starboard side 35 derajat maupun sebaliknya kurang dari 28 detik.

Referensi

- [1] Nugroho, A. et al., 2017. Analisis Kekuatan Sistem Konstruksi Kemudi Pada Kapal Skipi Kelas Orca Dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 5(4). 652 - 661.
- [2] Suharso, A. R. et al., 2023. Perbandingan Sensor Incremental Rotary Encoder Dan Potensiometer Pada Simulasi Kemudi Kapal Berbasis Arduino. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*. 11(1). pp. 155 - 166. doi:10.26760/ elkomika.v11i1.155.
- [3] Santiko, T., 2019. Strategi Mengatasi Terganggunya Pengoperasian Steering Gear Di Kapal SV. *Swissco Samson. Jurnal Dinamika Bahari*. 10(1), 2413 – 2421.
- [4] Fiveriati, A. et al., 2018. Analisis Pengaruh Tebal Pelat Welding Repair Pada Kemudi Kapal (Rudder) Terhadap Efektivitas Manuver Kapal Dengan Pendekatan Fluid Dynamics. *Jurnal ROTOR*, 11(2), 29 - 32. <https://doi.org/10.19184/rotor.v11i2.9341>.
- [5] Abdurrahman, N. et al., 2015). Kajian Pemodelan Kemudi Kapal Pengawas Tanpa Awak. *Jurnal Integrasi*. 7(2). 136-142.
- [6] Cara Kerja Daun kemudi kapal (2020) YouTube. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=tYAvm8FC2ts> (Accessed: 24 June 2024).
- [7] Wardoyo, S. et al., 2013. Rancang Bangun Alat Uji Karakteristik Motor DC Servo, Battery, dan Regulator untuk Aplikasi Robot Berkaki. *SETRUM*. 2 (2). 54-59.
- [8] Kusuma, W. A. Y. et al., 2023. Analisa Performa Motor HY-2750B, Motor MG995, Motor DS3225MG, dan Motor 24h2a4428 sebagai Penggerak *Portable Continuous Passive Motion (CPM)*. *Elektrika*. 15(1). 49 – 54.
- [9] Utomo, P. 2019. Prototype Radar Untuk Nelayan Tradisional' *Jurnal 7 Samudra Politeknik Pelayaran Surabaya*. 4(1). 83 - 92.
- [10] Priohutomo, K. et al., 2017. Perancangan Kendali Manuver Untuk Menghindari Tabrakan Pada Kapal Patroli Cepat Berbasis Pengujian Model. *Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi*. 14(3). 71-78.
- [11] Suharso, D. et al., 2019 Analisis Ketercapaian Laboratorium Dan Simulator Teknika Dalam Menunjang Test Komprehensif Peserta Diklat ATT III Di Politeknik Pelayaran Surabaya. *Jurnal Teknologi Maritim*. 4(1). DOI: <https://doi.org/10.35991/jtm.v2i1.1171>.
- [12] Zayu, W. P. et al., 2023. Studi Komparatif Pelaksanaan Tugas Besar Perencanaan Geometrik Jalan Secara Daring Dan Luring. *Jurnal Hasil Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta*. 2(1). 92 - 96. DOI : <https://doi.org/10.47233/jppie.v2i1.762>.
- [13] Ridwan, R., 2009. Perpaduan Antara Propeller Dan Daun Kemudi Guna Mengoptimalkan Propulsi Dan Manuver Kapal Serta Efisiensi Bahan Bakar. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan* 6(2), 126 - 129. DOI: <https://doi.org/10.14710/kpl.v6i2.2722>.
- [14] Prasetyo, D. et al., 2019. Analisis Kebocoran Minyak Hidraulik Steering

Gear LPG/C Gas Walio Terhadap Keselamatan Kapal Sesuai Hazop. Jurnal 7 Samudra, 4(1). 37-63. <https://doi.org/10.54992/7samudra.v4i1.58>.

[15] (No date) MG996R High Torque Metal Gear Dual Ball Bearing Servo. Available at: https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MG996R_Tower-Pro.pdf (Accessed: 27 June 2024).