

OPTIMASI KESTABILAN KAPAL DENGAN KONTROL *FUZZY* PADA *WATER BALLAST TANK*

Imam Sutrisno¹⁾, Faiq Azhar Taqiyuddin²⁾

^{1,2}Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
E-mail: imams3jpg@yahoo.com

Abstract

Indonesia is a maritime country, and the role of the shipping industry is needed to support the development of the Indonesian economy. The role of this business depends on the industry's ability to utilize market opportunities that are increasingly wide open. One of them is through the distribution of bulk cargo, which is currently experiencing a fairly rapid increase in line with the increasing development of industry, thus requiring bulk raw materials such as cement, fertilizer, coal, nickel, and other mining materials. Of course, such ships require good ship stability control. Based on this background, research is needed to overcome this problem. In this study, the design of an automatic water ballast tank control and monitoring system is carried out which is expected to be able to achieve sufficient ship stability and prevent excessive ship tilting that can cause accidents in a bulk carrier. With the final result of the ship control and monitoring system research, the GY-6500 sensor can read the tilt with an accuracy of 97.84%, and can restore the ship's balance within 1 minute and 40 seconds when the ship experiences a moderate tilt of 6 degrees.

Keywords: *maritime, stability, automatic, ballast*

PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara maritim, sangat bergantung pada industri pelayaran untuk pertumbuhan ekonominya. Khususnya, sektor angkutan curah, seperti pengangkutan batubara dan biji-bijian, mengalami peningkatan pesat. Namun, kapal-kapal bulk carrier yang digunakan dalam sektor ini seringkali mengalami kecelakaan akibat masalah stabilitas. Kecelakaan ini seringkali disebabkan oleh human error, terutama dalam pengelolaan sistem ballasting. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah ini dengan merancang sistem otomatis untuk mengontrol dan memantau water ballast tank, sehingga dapat meningkatkan stabilitas kapal dan mencegah kecelakaan.

Fuzzy logic adalah logika yang kabur, atau mengandung unsur ketidakpastian. Menurut (Faruq, 2023) Logika fuzzy digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan Bahasa (linguistic), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dan logika fuzzy menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti logika klasik atau tegas, suatu nilai hanya mempunyai 2

kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan (Faruq, 2023).

Berdasarkan investigasi kecelakaan oleh KNKT pada tahun 2017, didapatkan kesimpulan bahwa dalam kurun waktu tahun 2007 sampai dengan tahun 2014 di wilayah perairan Indonesia, terjadi kecelakaan kapal dengan berbagai jenis kejadian seperti tenggelam, terguling, kandas dan tubrukan. Jenis kapal yang terdata sering mengalami kecelakaan adalah kapal tanker, kapal general cargo, dan kapal bulk carrier. Faktor yang berkontribusi, diantaranya adalah karena kelalaian manusia (human error), teknis termasuk ballast, konstruksi dan adanya kebocoran (Faruq, 2023).

Dalam masalah *ballasting* biasanya terjadi karena ketidakcermatan dalam memperhatikan stabilitas kapal sehingga kapal tidak dapat mempertahankan kesetimbangannya, pada sudut kemiringan tertentu kapal sudah tidak dapat mengembalikan posisi seperti semula bahkan dapat terbalik dan akhirnya tenggelam (Sutrisno, 2022). Pada umumnya kecelakaan terjadi akibat kelalaian awak kapal dalam mencermati posisi kesetimbangan kapal sehingga terlambat dalam penanganannya misalnya dalam pengembalian kesetimbangan dengan menggunakan tangki penyeimbang atau ballasting dimana tangki penyeimbang harus diisi air untuk menambah berat salah satu sisi agar kapal kembali dalam posisi setimbang, namun pengisian tangki membutuhkan waktu yang tepat sehingga dibutuhkan alat pengukur kemiringan kapal agar kerja tangki penyeimbang dapat maksimal (Bayu, 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut diperlukan sebuah penelitian untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dalam penelitian ini, dilakukan perancangan sistem kontrol dan monitoring water ballast tank yang diharapkan mampu mencapai kestabilan kapal yang cukup dan mencegah terjadinya kemiringan kapal yang terlalu parah yang dapat menyebabkan kecelakaan pada sebuah kapal bulk carrier (Destiarini, 2019).

METODE PENELITIAN

Logika fuzzy adalah cara berpikir yang memungkinkan kita untuk menggunakan kata-kata sehari-hari seperti "agak cepat" atau "sangat panas" dalam sistem komputer. Tidak seperti logika biasa yang hanya mengenal benar atau salah, logika fuzzy

memberikan nilai antara 0 dan 1 untuk menunjukkan seberapa benar atau salah suatu pernyataan. Misalnya, jika kita mengatakan "cuaca hari ini agak panas", logika fuzzy bisa memberikan nilai 0,7 untuk menunjukkan bahwa cuaca memang agak panas, tapi belum terlalu panas.

Trim adalah perbedaan antara draft depan pada haluan dan draft belakang pada buritan. Trim merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur. Trim adalah perbedaan sarat depan dan belakang. Bila muatan lebih berat di bagian depan disebut trim depan (trim by the head), kemudian bila lebih berat di belakang disebut trim belakang (trim by the stern). Apabila muatan terkonsentrasi di bagian tengah-tengah kapal disebut Sagging tetapi bila terkonsentrasi di bagian ujung-ujung disebut Hogging.

Total tangki ballast adalah 8 buah yang terdapat di bagian port dan starboard kapal dengan masing-masing 4. Kemudian 4 buah tangki cargo yang berada di tengah kapal. Bagian belakang kapal merupakan tempat penempatan elektrik termasuk mikrokontroler, driver, dan sensor yang digunakan.

Desain bentuk prototype kapal yang dibuat menggunakan aplikasi desain dengan ukuran yang sudah ditetapkan. Ukuran yang digunakan prototype adalah ukuran panjang dan lebar yang diambil dari ukuran kapal Bulk Carrier yang telah diskalakan.

Perancangan software pada matlab menggunakan toolbox fuzzy dengan tipe fuzzy sugeno. Penerapan menggunakan 2 parameter input yaitu kemiringan kapal secara horizontal dan kemiringan kapal secara vertical. Dan output adalah kecepatan hidup pompa ballast pada masing-masing tangki.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan software pada matlab menggunakan *toolbox fuzzy* dengan tipe *fuzzy sugeno*. Penerapan menggunakan 2 parameter input yaitu kemiringan kapal secara horizontal dan kemiringan kapal secara vertical. Dan output adalah kecepatan hidup pompa ballast pada masing-masing tangki. Pengujian Sistem *Fuzzy Logic* dilakukan untuk memastikan bahwa metode yang dipakai dapat bekerja dengan baik dan benar. Diharapkan dapat menghasilkan nilai error yang kecil sehingga kerja sistem maksimal.

Tabel 1
Pengujian Sistem *Fuzzy*

INPUT	WBTP	WBTS
-2	0.0	0.0
-1	0.0	255.0
-	0.0	255.0
1	255.0	0.0
2	255.0	0.0

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sistem fuzzy pada software Matlab cukup bagus dengan 6 jenis input trim menghasilkan output untuk *water ballast tank port* (WBTP) dan *water ballast tank starboard* (WBTS).

Pengujian pengoperasian pompa dilakukan untuk menghitung waktu pengisian pada tangki ballast secara langsung sehingga didapat lama waktu hingga tangki terisi penuh. Pengisian pompa dilakukan sebanyak 10 kali pada tangki ballast.

Kemiringan kapal secara horizontal atau kemiringan secara transverse dilakukan untuk mengetahui bentuk kemiringan kapal dan perbedaan pembacaan kemiringan oleh sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) dan digital *inclinometer*.

Dalam pengujian ini, dilakukan pengisian ballast salah satu kompartemen tangki kapal. Kemudian, dilakukan pengamatan terhadap pergeseran sudut yang terjadi akibat pengisian tangki tersebut. Pengujian dilakukan secara berulang-ulang dengan variasi beban yang sudah ditetapkan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang sudah dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pengujian kemiringan kapal menggunakan pembacaan sensor GY-MPU6500 dan kapal hanya dapat dimiringkan maksimal 10 derajat ke kanan atau ke kiri. Oleh karena itu, untuk mengembalikan keseimbangan kapal, tangki penyeimbang harus diisi dengan air pada sisi yang berlawanan dengan arah kemiringan.

Kemampuan pompa air dalam mengisi dan menguras air dalam tangki kurang maksimal karena spesifikasi, dan jenis pompa yang memang kecil sehingga butuh waktu untuk volume yang cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hafizh Abyan Faruq (2023). Kontrol Kestabilan Kapal Autonomous Submarine Surface Vehicle Dengan Metode Fuzzy Logic. *Infotekmesin Vol.14, No.02, Juli 2023*.
- Destiarini, & Widya Kumara. (2019). Robot Line Follower Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Atmega328. *Jurnal Informanika, Vol.5, No.1, pp. 18-25, Universitas Baturaja, Sumatera Selatan*.
- Purwaka Utama, Bayu (2021). Prototipe Pemantauan Dan Pengendalian Tangki Ballast Kapal Selama Proses Loading Dan Unloading Muatan Berbasis Fuzzy Logic. *Tugas Akhir. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya*.
- Danu Riyanto, Raditya. (2022). Teori Bangunan Apung 2. *Kementrian Pendidikan & Budaya*.
- Imam Sutrisno (2020). Design of pothole detector using gray level co-occurrence matrix (GLCM) and neural network (NN). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol 874 No 1*.