

PERANCANGAN SISTEM KENDALI KAPAL UNTUK MENGHINDARI TABARAKAN MENGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA

DESIGN BOAT CONTROL SYSTEM FOR COLLISION AVOIDANCE USING IMAGE PROCESSING

Muhammad Iqbal,^[1] Ig. Prasetya Dwi Wibawa, S.T., M.T^[2], Ramdhan Nugraha, S.Pd,MT.^[3]

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹ iqbalmuh6@hotmail.com, ² prasdwiwibawa@telkomuniversity.ac.id, ³ ramdhan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kecelakaan kapal dapat disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya adalah kelalaian manusia. Menurut data Mahkamah Pelayaran Indonesia, pada tahun 2015 sebesar 21% jumlah kecelakaan yang disebabkan oleh tubrukan kapal, sisanya disebabkan oleh faktor alam dan faktor teknis.

Untuk mengurangi kelalaian manusia tersebut pada tugas akhir ini dirancang sebuah sistem kendali otomatis pada kapal. USV (*Unmanned Surface Vehicle*) adalah robot yang berbentuk kapal tanpa awak yang bekerja secara otomatis yang diprogram sesuai dengan peruntukannya. Untuk mendukung sistem kerja USV diperlukan beberapa jenis sensor, salah satunya kamera. Kamera bekerja merekam gambar didepan kapal untuk seterusnya diolah oleh *Single Board Computer* dengan menggunakan metode pengolahan citra *HSV Filter* untuk mengidentifikasi objek, dan menggunakan metode *Fuzzy Logic* untuk menentukan besar sudut belok kapal saat menghindari objek.

Sistem ini dapat mengidentifikasi jarak, koordinat dan arah gerak objek di depan kapal. Objek yang digunakan berbentuk bola dengan diameter 20 cm. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini dapat bekerja dengan baik pada intensitas cahaya yang cukup (1,000 – 25,000 lux). Jarak optimal pengukuran objek adalah pada rentang 0 cm sampai 200 cm dengan sudut ideal pembacaannya pada 75° hingga 105°. Nilai rata-rata *error* pembacaan koordinat objek sebesar 2,17 %, sedangkan rata-rata *error* sudut pembacaan objek adalah 7,45 %/cm. Sudut putar maksimal motor *servo* adalah $\pm 45^\circ$ dari keadaan lurus (90°). Sistem ini bekerja dengan baik pada kecepatan kapal 0,2 m/s, dengan objek didepan kapal yang diam maupun bergerak dengan kecepatan 0,115 m/s.

Kata Kunci : Roboat Autonomous, Collision Avoidance, Pengolahan Citra, HSV filter, Raspberry Pi.

Abstract

Boat accidents can be caused by various factors, one of them is human error. According to Indonesian Shipping Court, in 2015 there are 21% of accidents caused by a collision of boats, the rest are caused by natural factors and technical factors.

To reduce human error, that can be designed automatic control system on the ship. USV (*Unmanned Surface Vehicle*) is a boat shaped robot without a crew that works automatically depend on program design. To support the work of system on USV needed some kind of sensor, that is camera. The camera works by recording images in front of the ship, then to be processed by *Single Board Computer* by using *HSV Filter* to identify object and using *Fuzzy Logic* method to determine the angle of ship turn when avoiding the object.

This system can identify the distance, coordinates and direction of objects in front of the ship. The object is ball shapped with diameter 20 cm. From the test results, this system can work well at sufficient light intensity (1,000 – 25,000 lux). The optimal distance measurement of object is from 0 to 200 cm with ideal degree between 75° to 105°. The average error of object coordinate is 2,17 %, while the average error angle of object is 7,45 %/cm. The maximum rotation angle of motor *servo* is $\pm 45^\circ$ from the initial state (90°). This system works very well at speed of boat 0,2 m/s, with the object in front of the ship is not moving or moving with a speed of 0.115 m / s.

Keywords : Roboat Autonomous, Collision Avoidance, Image Processing, HSV filter, Raspberry Pi.

1. Pendahuluan

Kecelakaan kapal dapat disebabkan oleh berbagai faktor, mulai dari faktor alam seperti badai dan gelombang tinggi, lalu faktor teknis yang terjadi dilapangan, hingga faktor kelalalian manusia. Menurut data Mahkamah Pelayaran, pada tahun 2015 jumlah kecelakaan yang disebabkan oleh tubrukan kapal adalah sebesar 21% atau 4 kejadian tubrukan dari 19 kecelakaan yang terjadi, sisanya disebabkan oleh faktor alam dan faktor teknis. [1]

Dengan perkembangan teknologi yang semakin cepat, salah satunya dalam bidang teknologi robotika, terutama untuk membantu pekerjaan manusia. Dengan bantuan robot tingkat kesalahan yang diakibatkan oleh kelalaian manusia dapat dikurangi. Salah satu metode yang dapat digunakan menghindari tabrakan adalah pengolahan citra. Pengolahan citra merupakan sebuah proses pengolahan data yang berbentuk visual. Sumber informasi citra diperoleh dari pantulan cahaya dari objek yang di tangkap oleh alat pengindera optik yaitu kamera. Ketika kamera mendeteksi adanya objek di depan kapal, maka kapal akan menghindari dari objek sehingga tidak terjadinya tabrakan.

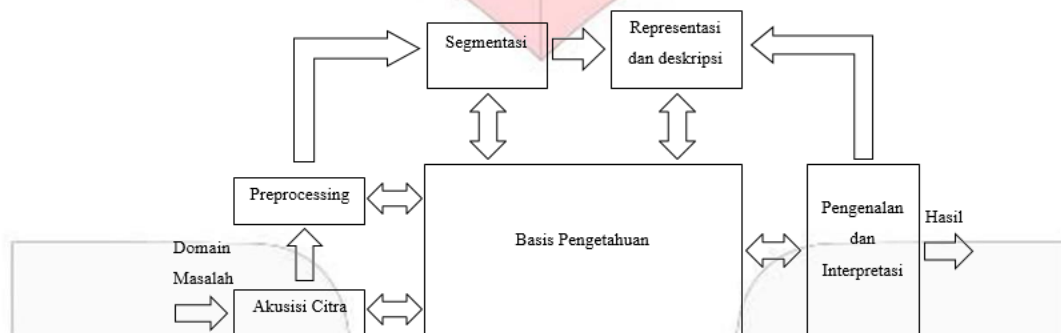
2. Dasar Teori

2.1 Pengolahan Citra

Pengolahan citra adalah pemrosesan informasi yang berbentuk citra digital. Citra digital merupakan representasi citra dua dimensi dari nilai digital yang berbentuk sebuah larik (array) yang berisi nilai-nilai real maupun kompleks yang direpresentasikan dengan bit tertentu.

Citra digital dapat didefinisikan ke dalam fungsi $f(x,y)$ berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y merupakan koordinat spasial, nilai amplitudo f pada titik (x,y) disebut dengan intensitas atau tingkat keabuan citra pada titik tersebut. Apabila nilai x,y dan nilai amplitudo f berhingga dan bernilai diskrit maka citra tersebut dapat termasuk citra digital. [2]

Berikut ini tahap-tahap dalam pengolahan citra digital. [3]



Gambar 2.1 Tahap-tahap pengolahan citra digital

2.1.1 Akusisi Citra

Akusisi citra bertujuan menentukan informasi yang diperlukan dan metode yang digunakan. Tahap ini dimulai dari proses pengambilan gambar objek hingga perubahan ke bentuk citra digital. Hasil akusisi citra ditentukan oleh kemampuan sensor dalam menangkap informasi citra.

2.1.2 Preprocessing

Pada tahap ini dilakukan proses peningkatan kualitas citra, mengurangi noise, perbaikan citra (*image restoration*), transformasi citra, dan menentukan bagian citra yang akan diobservasi.

2.1.3 Segmentasi

Bagian ini bertujuan menyaring bagian yang akan diobservasi pada informasi citra yang didapat.

2.1.4 Representasi dan Deskripsi

Representasi merupakan suatu proses untuk merepresentasikan suatu wilayah sebagai suatu titik koordinat dalam kurva yang tertutup dengan deskripsi luasannya atau perimeternya. Proses deskripsi dilakukan dengan cara seleksi ciri yang bertujuan untuk memilih informasi dari ciri yang ada, dan ekstraksi ciri bertujuan mengukur besaran kuantitatif ciri setiap pixel.

2.1.5 Pengenalan dan Interpretasi

Pengenalan adalah memberi label pada objek yang telah dikenali, sedangkan interpretasi adalah memberi makna pada objek yang dikenali.

2.1.6 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan berguna untuk mengendalikan proses dari tiap tahap dan interaksi antara tahap tersebut.

2.2 Kendali Fuzzy Logic

Kendali fuzzy logic adalah suatu cabang ilmu Artificial Intelligence, yaitu suatu pengetahuan yang membuat komputer dapat meniru kecerdasan manusia sehingga diharapkan komputer dapat melakukan hal-hal yang apabila dikerjakan manusia memerlukan kecerdasan.

Dengan kata lain fuzzy logic mempunyai fungsi untuk “meniru” kecerdasan yang dimiliki manusia untuk melakukan sesuatu dan mengimplementasikannya ke suatu perangkat, misalnya robot, kendaraan, peralatan rumah tangga, dan lain-lain. [4]

2.2.1 Proses Fuzzy Logic

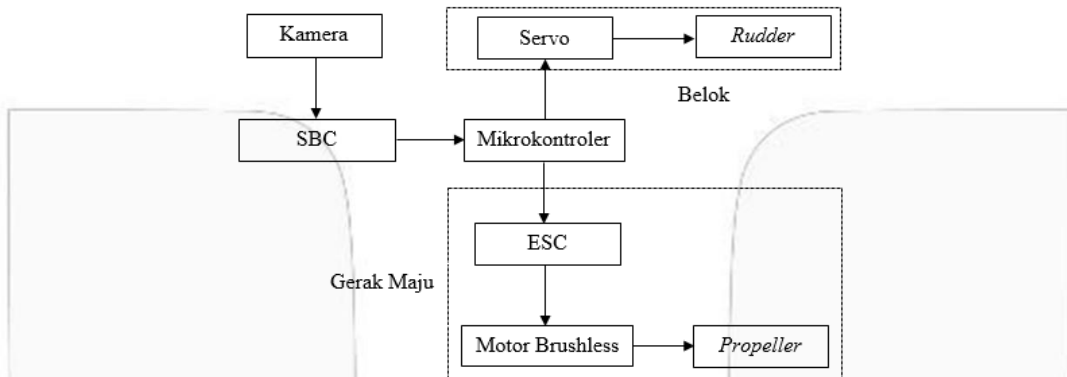
Terdapat tiga proses utama dalam implementasi *Fuzzy Logic* yaitu *fuzzification*, *fuzzy inference*, dan *defuzzification*.

1. *Fuzzification*, merupakan sebuah proses yang bertujuan mengubah input analog menjadi set variabel fuzzy. Semakin banyak variabel fuzzy maka semakin tinggi akurasi, namun memerlukan proses yang lebih lama dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi fuzzy (variabel linguistik) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy dengan suatu fungsi keanggotaannya masing – masing.
2. *Fuzzy Inference*, proses ini bertujuan menginterpretasikan nilai-nilai pada vektor masukan untuk menentukan nilai-nilai pada vektor keluaran sesuai dengan aturan yang telah dibuat. Untuk menghubungkan antara masukan dan keluaran biasanya menggunakan fungsi “IF-THEN”. [5]
3. *Defuzzification*, sebuah proses pengubahan himpunan-himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaannya menjadi himpunan tegas (*crisp*). Hal ini diperlukan sebab dalam aplikasi nyata yang dibutuhkan adalah nilai tegas (*crisp*).

3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

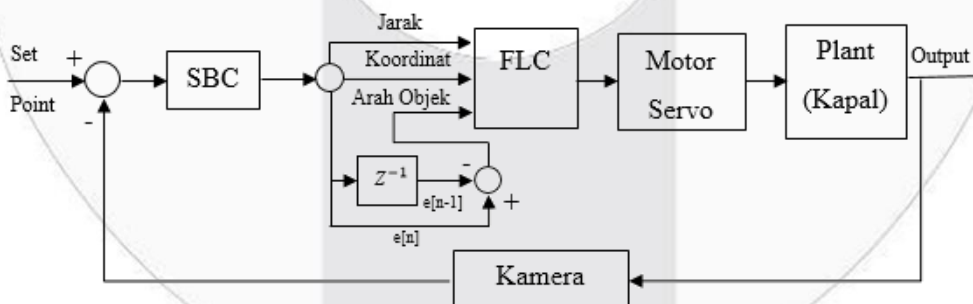
Dalam tugas akhir ini penulis merancang sebuah sistem kendali kapal untuk menghindari tabrakan pada sebuah kapal secara otomatis.



Gambar 3.1. Perancangan Umum Sistem

Pada gambar 3.1 kamera digunakan untuk merekam objek berada di depan kapal. SBC pada kapal bertugas mengolah informasi citra yang direkam oleh kamera dan mengontrol keseluruhan dari sistem. Jika terdeteksi ada objek di depan kapal, maka kapal akan berbelok menghindari objek tersebut. Sedangkan Mikrokontroler bertugas mengontrol laju kapal dengan mengatur kecepatan motor dan mengatur sudut *servo* yang berguna untuk menggerakkan rudder sehingga kapal dapat berbelok.

3.2 Diagram Blok Sistem

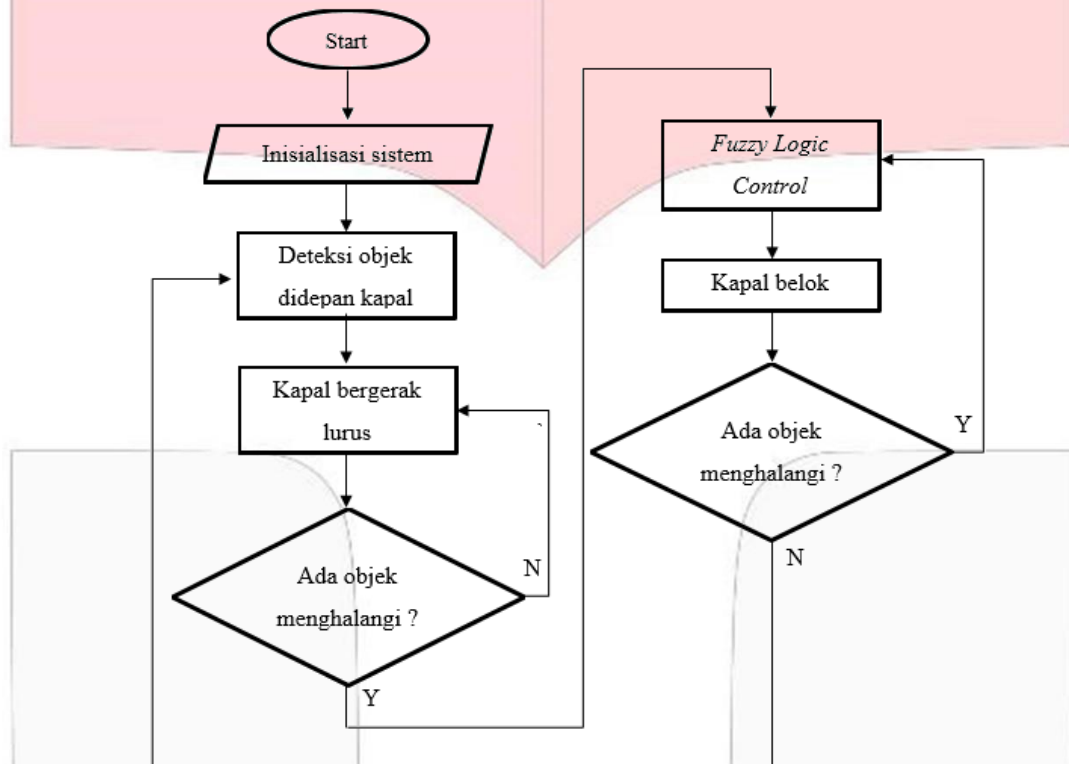


Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 3.2 menunjukkan blok diagram sistem kendali kapal untuk menghindari tabrakan menggunakan pengolahan citra dan metode *Fuzzy Logic Control*. Diagram blok diatas menunjukkan cara kerja sistem yang akan dirancang. *Fuzzy Logic Controller* memiliki *input* hasil dari pengolahan citra berupa jarak objek dengan kapal, koordinat objek dan arah gerak objek. *Output* dari sistem adalah kapal berbelok saat mendeteksi objek di depan kapal sesuai dengan aturan yang telah dibuat. Metode pengolahan citra yang digunakan adalah HSV filter dimana informasi citra yang telah di tangkap di konversi ke dalam warna dasar HSV, lalu dilakukan penyaringan sesuai dengan warna yang diinginkan sehingga bentuk objek, koordinat objek dan jarak objek dapat di ketahui. [6]

3.3 Diagram Alir Sistem

Berikut ini adalah diagram alir sistem yang menjelaskan sistem secara umum:



Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem

4. Hasil Percobaan dan Analisa

4.1 Pengujian Pembacaan Jarak

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari algoritma pembacaan jarak. Pengujian ini membandingkan jarak hasil pengolahan dengan jarak sebenarnya. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pada rentang 20 sampai 200 cm.

Tabel 4.1 Pengujian Pembacaan Jarak

No.	Jarak Sebenarnya	Percobaan ke-1	Percobaan ke-2	Percobaan ke-3	Rata-rata	Error pembacaan
1	20	27	28	28	27.67	7.667
2	40	42	43	42	42.33	2.33
3	60	59	58	57	58	2
4	80	72	74	73	73	7
5	100	86	89	88	87.67	12.33
6	120	108	110	108	108.67	11.33
7	140	127	124	125	125.33	14.67
8	160	144	142	144	143.33	16.67
9	180	163	165	162	163.33	16.67
10	200	181	183	181	181.67	18.33
Rata-rata error pembacaan						8.9

4.2 Pengujian Koordinat Objek

Pengujian koordinat objek bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari algoritma penentuan koordinat objek. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali. Nilai error pembacaan terkecil adalah 0,33 dan yang terbesar 1,67.

Tabel 4.2 Pengujian Koordinat Objek

No	Koordinat yang diinginkan	Percobaan ke-1	Percobaan ke-2	Percobaan ke-3	Rata-rata	Error pembacaan
1	50	53	50	51	51,33	1,33
2	110	111	112	109	110,67	0,67
3	170	168	169	168	168,33	1,67
4	230	233	231	228	230,67	0,67
5	290	288	291	293	290,67	0,67
6	350	347	351	353	350,33	0,33
7	410	411	409	412	410,67	0,67
8	470	469	472	470	470,33	0,33
9	530	530	531	534	531,67	1,67
10	590	588	593	591	590,67	0,67
Rata-rata error koordinat objek						0,868

4.3 Pengujian nilai output fuzzy pada Mikrokontroler dan MATLAB

Pengujian ini membandingkan nilai output antara Arduino dan MATLAB bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari algoritma fuzzy logic pada mikrokontroler.



Gambar 4.1 Hasil Pengujian pada MATLAB

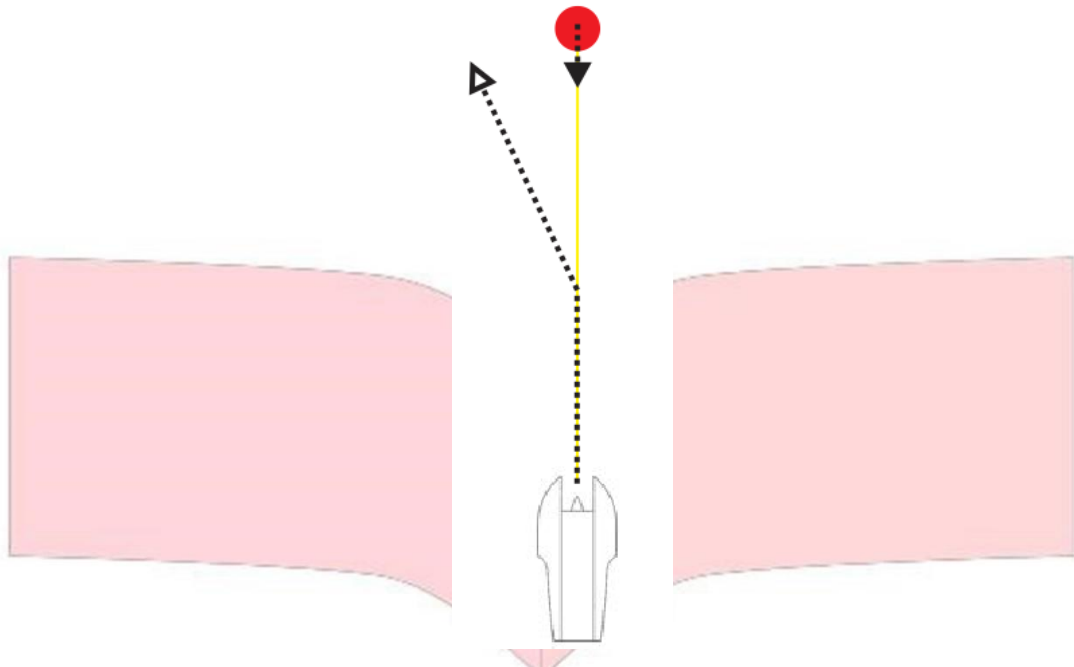
```
e (koor_x)= 15.00 de (jarak)= 200.00 dde (arah benda)= 630.00
I.IV.II
mnse = 1.00 maze = 0.00 mpsse = 0.00
mnsde = 0.00 mazde = 0.00 mpsde = 1.00
mnsdde = 0.50 mazdde = 0.50 mpsdde = 0.00
a = 0.50 b = 0.50 c = 0.00 d = 0.00 f = 0.00 g = 0.00
h = 0.00 i = 0.00 j = 0.00 k = 0.00
defuzzy = 105.00
```

Gambar 4.2 Hasil Pengujian pada Arduino

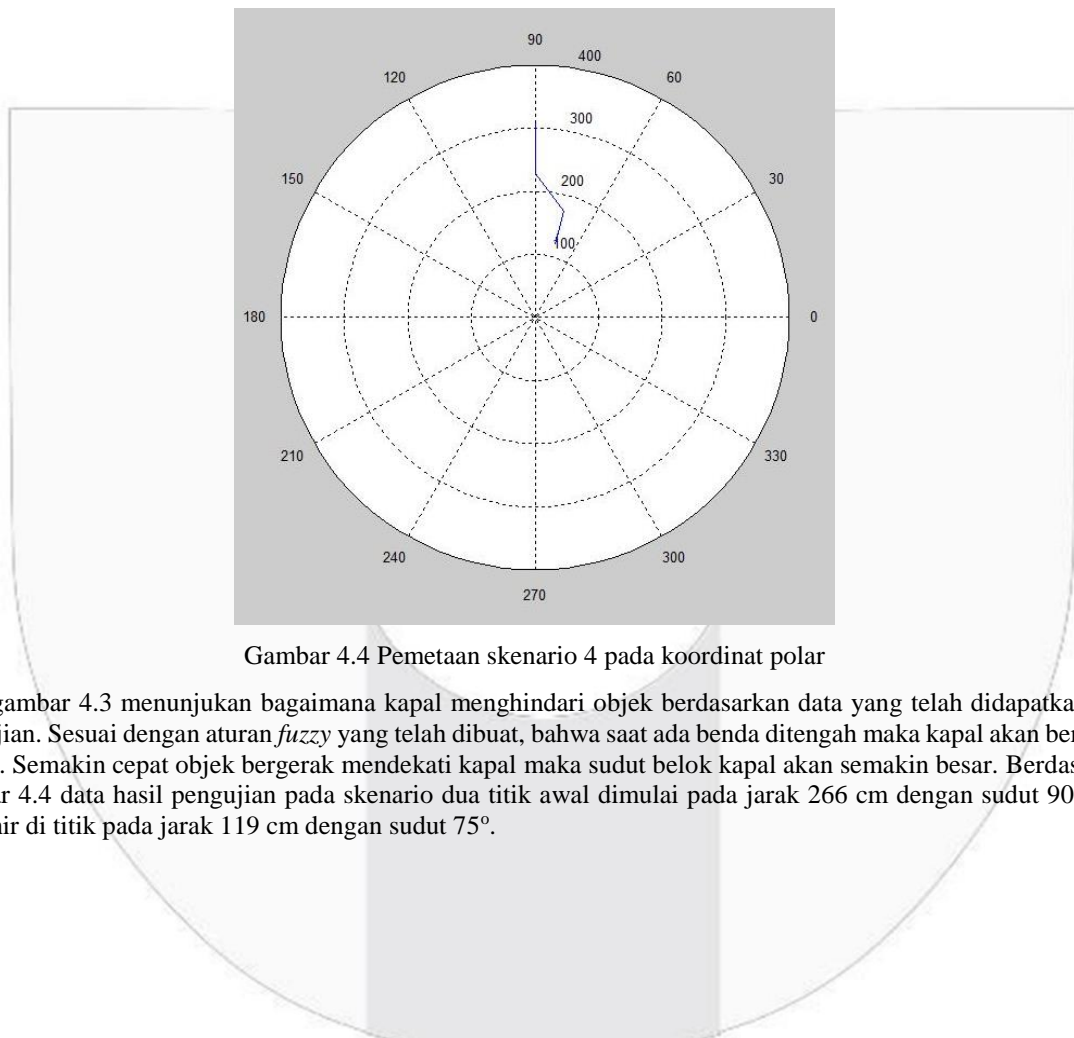
Berdasarkan gambar 4.1 dan gambar 4.2 diketahui bahwa terdapat perbedaan antara output hasil penghitungan dari matlab dan Arduino sebesar 0 sampai 5,61. Perbedaan nilai output pada Mikrokontroler dan MATLAB dapat disebabkan berbagai hal, mulai dari kemampuan pemrosesan data dari mikrokontroler hingga tipe data yang digunakan.

4.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan ini bertujuan untuk mengetahui respon setiap subsistem yang dibangun ketika sistem telah diintegrasikan seluruhnya. Dan mencari error yang terjadi dalam sistem yang telah dibangun.



Gambar 4.3 Ilustrasi Pergerakan Kapal Skenario 4



Gambar 4.4 Pemetaan skenario 4 pada koordinat polar

Pada gambar 4.3 menunjukkan bagaimana kapal menghindari objek berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian. Sesuai dengan aturan *fuzzy* yang telah dibuat, bahwa saat ada benda ditengah maka kapal akan berbelok ke kiri. Semakin cepat objek bergerak mendekati kapal maka sudut belok kapal akan semakin besar. Berdasarkan gambar 4.4 data hasil pengujian pada skenario dua titik awal dimulai pada jarak 266 cm dengan sudut 90°, lalu berakhir di titik pada jarak 119 cm dengan sudut 75°.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

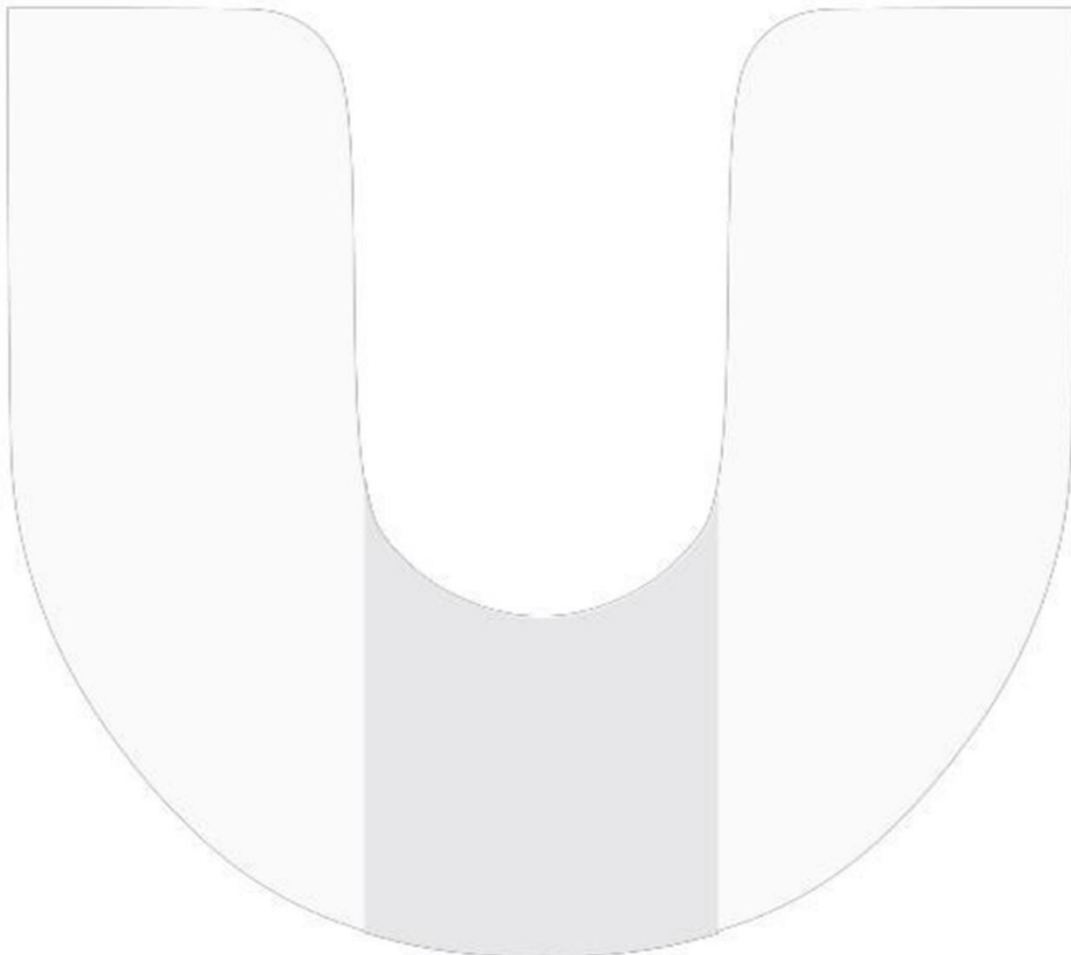
Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian pada tugas akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan sistem, kapal berhasil menghindari objek pada semua skenario. Sistem bekerja optimal ketika objek diam, hal ini dipengaruhi oleh kemampuan pemrosesan SBC untuk mengidentifikasi objek dan gangguan pada kamera berupa distorsi lensa pada kedua sisi kamera.
2. Dengan menggunakan pengolahan citra untuk mengidentifikasi jarak objek diketahui bahwa sudut optimal pembacaan objek adalah pada rentang 75° sampai dengan 105° . Pada pembacaan koordinat objek didapatkan nilai rata-rata *error* pembacaan koordinat objek sebesar 0,868 px dan nilai rata-rata *error* sudut pembacaan objek 7,45 %/cm.
3. Logika Fuzzy digunakan untuk menentukan besar sudut putar motor *servo*. Nilai *error* hasil perbandingan pengolahan mikrokontroler dengan Matlab sebesar 0° sampai $5,61^\circ$. Sudut putar maksimum motor *servo* adalah $\pm 45^\circ$ dari keadaan lurus (90°). Besar sudut ini juga dipengaruhi oleh keterbatasan perputaran *rudder*.

5.2 Saran

Melihat dari percobaan yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Memperbanyak variabel input pada FLC sehingga hasil keluarannya lebih bervariasi dan akurat.
2. Menggunakan metode identifikasi objek yang lain agar lebih akurat.
3. Menggunakan stereo vision camera untuk mendapatkan jarak yang lebih akurat.
4. Menggunakan ESC yang lebih mutakhir sehingga tidak perlu melakukan kalibrasi setiap sistem dimulai.



Daftar Pustaka

- [1] K. Perhubungan, "Mahkamah Pelayaran," [Online]. Available: http://mahpel.dephub.go.id/kumpulan_putusan/index/2015. [Accessed 30 September 2016].
- [2] D. Putra, *Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta: Andi, 2010.
- [3] T. Sutoyo, *Teori Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta: Andi, 2009.
- [4] J.-S. R. Jang, *Neuro-fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Prentice Hall, 1997.
- [5] S. H. Sudha Hatagar, "Three Input – One Output Fuzzy logic control of Washing Machine," *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET)*, ISSN 2278 – 0882, vol. 4, no. 1, pp. 57 - 62, 2015.
- [6] A. V. G. Prachi R. Narkhede, "Color Particle Filter Based Object Tracking using Frame Segmentation in CIELab* and HSV Color Spaces," *IEEE ICCSP*, 2015.

