

Implementasi Segmentasi HSV dan *Fuzzy Logic Controller* pada Kontrol Pergerakan Troli Pengikut Otomatis

Andik Yulianto¹⁾, Vanni Vandila²⁾

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Internasional Batam Jl. Gajah Mada Sei Ladi, Batam 29442, Indonesia

email: ¹⁾andik@uib.ac.id ²⁾vandilavanni@gmail.com

ABSTRAK

Troli merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan barang dari satu tempat ketempat lainnya secara manual. Penggunaan troli memudahkan manusia saat membawa dan memindahkan barang dalam jumlah yang banyak. Troli yang umum digunakan mengharuskan pengguna mendorong troli tersebut untuk membantu pergerakannya atau masih manual. Hal ini mengurangi aktifitas tangan untuk melakukan kegiatan lainnya. Oleh karena itu dibutuhkan troli otomatis yang dapat bergerak mengikuti penggunaannya. Untuk itu diperlukan troli otomatis yang mampu mendeteksi arah pergerakan pengguna dan jarak pengguna. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi posisi dan jarak pengguna adalah Hue Saturation Values berbasis citra digital.

Pada sistem yang dirancang, digunakan Pi Camera untuk mendeteksi objek, Raspberry Pi 2 digunakan untuk proses pengolahan citra dengan menggunakan metode Hue Saturation Value (HSV) untuk memperoleh estimasi jarak dan posisi objek dan mikrokontroler dan motor sebagai penggerak troli tersebut. Metode penggerak yang diaplikasikan untuk pergerakan roda troli ini adalah Differential Drive Mobile Robot (DDMR). Resolusi tangkapan citra yang digunakan adalah 640x480, untuk itu penentuan posisi objek dilakukan dengan setengah dari lebar layar yaitu 320 dikurangi dengan posisi objek terhadap sumbu x. Estimasi Jarak dilakukan dengan menggunakan persamaan pseudoinverse dengan jarak uji 18-100 cm. Hasil dari penentuan posisi dan estimasi jarak kemudian menjadi masukan pada Fuzzy Logic Controller (FLC) yang kemudian nilai keluaran dari FLC tersebut menjadi nilai acuan pergerakan roda-roda troli.

Hasil penelitian menunjukkan metode HSV dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek dengan error estimasi jarak 9,35%. Hasil FLC yang dirancang mampu mengikuti objek dengan rata-rata error steady state pada nilai posisi terhadap setpoint sebesar 31,3 pixel dan 2,2 cm pada nilai jarak terhadap setpoint. Pada penerapannya beban maksimum yang mampu diangkut oleh troli adalah 7,6 kg.

Kata kunci: HSV, Fuzzy Logic Controller, Differential Drive Mobile Robot

I. PENDAHULUAN

Troli merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan barang dari satu tempat ketempat lainnya secara manual. Penggunaan troli memudahkan manusia saat membawa dan memindahkan barang dalam jumlah yang banyak. Troli yang umum digunakan mengharuskan pengguna mendorong troli tersebut untuk membantu pergerakannya atau masih manual. Hal ini mengurangi aktifitas tangan untuk melakukan kegiatan lainnya. Oleh karena itu dibutuhkan troli otomatis yang dapat bergerak mengikuti penggunaannya.

Troli otomatis yang dibuat harus mampu mendeteksi arah pergerakan pengguna dan jarak pengguna. Pendeteksian arah ini ditujukan agar troli mampu mengikuti pergerakan pengguna dan jarak agar kecepatan dapat dikontrol (Albertus.V.A. dkk., 2014). Pendeteksian dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa cara diantaranya dengan penggunaan sensor ultrasound, sensor infra red hingga menggunakan computer vision (sensor kamera).

Troli merupakan objek bergerak sehingga menghasilkan kondisi yang berubah-ubah. Kondisi ini membutuhkan sistem kontrol yang

bersifat adaptif. Sistem kontrol yang sesuai dengan kondisi ini adalah metode FLC (Fuzzy Logic Controller).

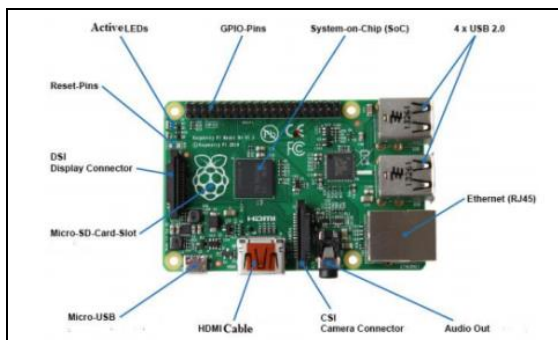
Metode penggerak yang dapat diaplikasikan untuk pergerakan roda troli ini adalah Differential Drive Mobile Robot (DDMR). DDMR adalah suatu metode yang menggunakan dua buah roda penggerak yang independent, sehingga gerakan robot dihasilkan dari dua buah aktuator. (Arifin, 2011). Metode ini akan memanfaatkan perbedaan kecepatan antara kedua roda troli untuk melakukan pergerakan.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Raspberry Pi

Penggunaan media kontrol yang terbaik menjadi salah satu hal terpenting dari kesuksesan sebuah alat.

Raspberry Pi merupakan komputer mungil seukuran dengan sebuah kartu kredit dengan berbagai fungsi yang dapat dilakukannya. (www.raspberrypi.org) dengan pemilihan raspberry pi ini memungkinkan mobile robot bergerak lebih bebas tanpa bergantung dengan jarak dengan komputer pusat.



Gambar 1. Raspberry pi 2 model B

Pada Raspberry Pi disediakan pin-pin input/output (IO), diantaranya adalah:

1. General Purpose Input dan Output (GPIO)

Pin-pin tersebut dapat digunakan untuk membaca input dari tombol serta switches serta mengontrol aktuator seperti LED, relay dan motorifungsikan sebagai input atau output data digital.

2. The Display Serial Interface (DSI) connector

Konektor ini dapat digunakan dengan menggunakan kabel pita tipis 15 pin sebagai penghubung antara LCD atau layar OLED

3. The Camera Serial Interface (CSI) connector

Port ini berfungsi sebagai penghubung langsung antara Raspberry Pi dengan sebuah modul kamera (Decy Nataliana, dkk., 2014)

B. Pi Camera

Pada penelitian yang akan dilakukan kali ini, memilih jenis sensor vision akan tetapi camera yang digunakan adalah picamera. Penggunaan sensor ini dipilih karena compatible dengan mikrokomputer yang akan digunakan yaitu Raspberry Pi.



Gambar 2. Picamera 5MP

Dengan dimensi yang kecil, raspberry pi dan picamera akan diletakkan langsung pada hardware troli otomatis. Dengan demikian penggunaan troli tidak terbatas oleh jarak dan lingkungan tertentu.

C. Hue Saturation Value (HSV)

Pengolahan warna berdasarkan informasi visual, ada bermacam-macam model. Model RGB (Red, Green, Blue) merupakan model yang umum digunakan. Model ini merepresentasikan sebuah gambar dengan menggunakan 3 komponen warna tersebut. Selain model RGB terdapat juga model HSV dimana pada model ini terdapat 3 komponen yaitu Hue, Saturation dan Value. Hue adalah suatu ukuran panjang gelombang yang terdapat pada warna dominan yang diterima oleh penglihatan. Saturation adalah ukuran banyaknya cahaya putih yang bercampur pada Hue. (Wahyu.S.P.,2011).

$$H = \begin{cases} 60 \left(\frac{G-B}{\delta} \right) & MAX = R \\ 60 \left(\frac{B-R}{\delta} \right) + 2 & MAX = G \\ 60 \left(\frac{R-G}{\delta} \right) + 2 & MAX = B \\ not_defined & MAX = 0 \end{cases} \dots\dots\dots 2.1$$

$$S = \begin{cases} \delta & MAX \neq 0 \\ MAX & MAX = 0 \end{cases} \dots\dots\dots 2.2$$

$$V = MAX \dots\dots\dots 2.3$$

D. Arduino Uno, Motor DC dan Driver Motor

Penggunaan Raspberry Pi dalam penelitian ini hanya akan difokuskan pada proses pengolahan citra digitalnya saja. Hal ini dikarenakan proses citra digital yang cukup berat sehingga menguras performa kerja raspberry pi. Maka dalam pengaturan pergerakan motor dibutuhkan bantuan sebuah mikrokontroler. Mikrokontroler yang akan digunakan yaitu Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (dimana 6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz quartz crystal, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset.



Gambar 3. Arduino Uno & Specifications

Penelitian ini akan menggunakan 2 buah motor sebagai penggerak. Motor DC yang digunakan menggunakan tipe EMG 30. Merupakan motor DC dengan rating tegangan kerja sebesar 12 V. Motor ini menggunakan konfigurasi gearbox 30:1 dan sudah terintegrasi dengan kapasitor sebagai noise suppression serta encoder sebagai feedback untuk proses kontrol.

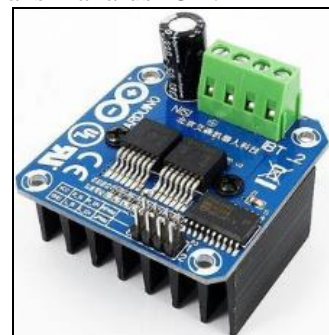


Wire colour	Connection
Purple (1)	Hall Sensor B Vout
Blue (2)	Hall sensor A Vout
Green (3)	Hall sensor ground
Brown (4)	Hall sensor Vcc
Red (5)	+ Motor
Black (6)	- Motor

specification		
Rated voltage	12v	
Rated torque	1.5kg/cm	
Rated speed	170rpm	
Rated current	530mA	
No load speed	216	
No load current	150mA	
Stall Current	2.5A	
Rated output	4.22W	
Encoder counts per output shaft turn	360	

Gambar 4. Motor DC EMG 30 & Specifications

Driver motor yang digunakan dalam penelitian ini adalah Driver BTS7960. Driver ini menjadi pilihan karena mampu bekerja dengan maksimal arus 43A.



Gambar 5. Driver BTS7960

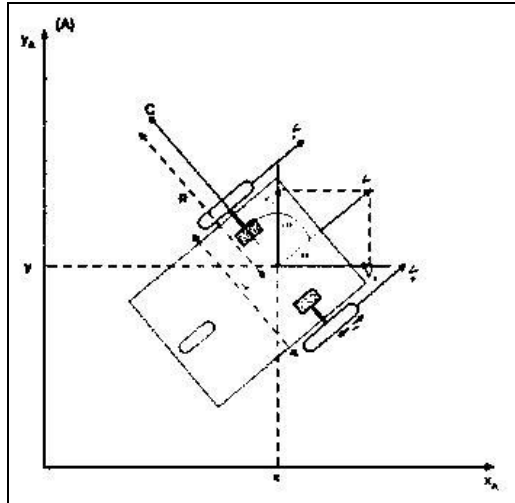
E. Differential Drive

Troli otomatis pada dasarnya merupakan pengembangan sebuah mobile robot menjadi sebuah pengangkut barang otomatis dengan memanfaatkan keberadaan manusia sebagai input sistem kemudian pergerakannya yang akan mengikuti manusia yang terdeteksi (Human Following).

Metode pergerakan yang akan digunakan ini merupakan metode yang paling umum digunakan pada robot yang bergerak dengan bantuan roda-roda (mobile robot) yaitu metode Differential Drive.

Secara teknis, robot jenis Differential Drive ini pada dasarnya memiliki dua roda utama

yang masing-masing digerakan oleh penggerak tersendiri (umumnya berupa motor DC magnet permanent dengan gear-pereduksi yang berfungsi untuk memperkuat torsi motor), selain itu robot ini dilengkapi juga dengan satu atau dua buah roda castor yang ditempatkan dibagian belakang robot yang berfungsi sebagai penyeimbang. (Dimas Pranata., 2013)



Gambar 6. Gambar 6 Posisi dan orientasi robot mobil dalam kordinat cartesian

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ \theta' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\omega \Delta t) & -\sin(\omega \Delta t) & 0 \\ \sin(\omega \Delta t) & \cos(\omega \Delta t) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - ICC_x \\ y - ICC_y \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} ICC_x \\ ICC_y \\ \omega \Delta t \end{bmatrix} \dots\dots 2.4$$

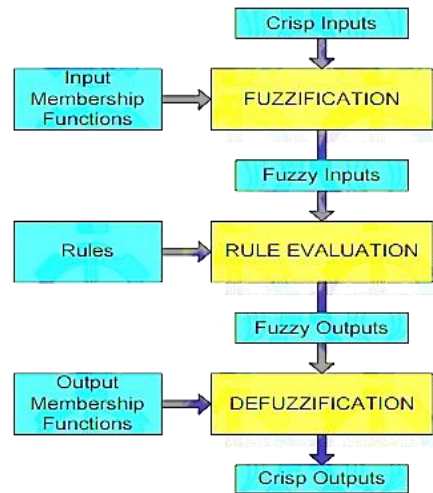
Persamaan ini hanya menggambarkan gerak rotasi lintasan robot pada ICC dengan sudut kecepatan ω . Pada penelitian kali ini, konsep differential drive yang digunakan akan bergantung pada hasil deteksi objek yang dilakukan oleh web camera, posisi objek akan menjadi acuan pergerakan roda. Saat posisi objek berada pada bagian kanan titik acuan (tengah), roda akan berbelok ke kanan begitu pula ke arah sebaliknya, kondisi ini akan selalu dilakukan untuk mengembalikan posisi objek pada titik acuan.

2.5 Fuzzy Logic Controller

Kendali logika fuzzy bekerja berdasarkan aturan linguistik yang dibuat mirip dengan seorang operator ahli dalam melakukan proses kendali. Dalam proses manual, kinerja memuaskan atau tidak tergantung dari pengalaman operator tersebut, dan pengalaman butuh waktu dan trial-and-error. Di dalam kendali logika fuzzy, kinerja kendali

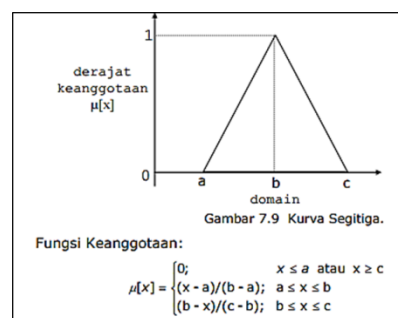
memuaskan atau tidak juga tergantung dari trial-and-error.

Untuk membentuk sistem fuzzy, ada tiga tahapan yang harus dilakukan yaitu fuzzification, rule evaluation dan defuzzification.



Gambar 7. Gambar 7 Tahapan dan Logika Fuzzy

Fungsi Keanggotaan (membership function) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Berikut fungsi yang akan digunakan:



Gambar 8. Gambar 8 Representasi linear Segitiga

Terdapat beberapa Sistem inferensi fuzzy yang dapat digunakan salah satunya adalah metode mamdani, Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min.

Pada metode Additive (Sum), solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara

melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[X_i] \leftarrow \min(1, \mu_{sf}[X_i] + \mu_{kf}[X_i]) \dots\dots\dots 2.5$$

dengan:

$\mu_{sf}[X_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[X_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i;

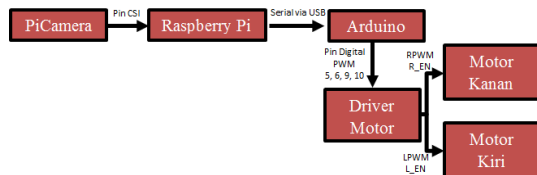
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Perancangan Penelitian

Pada penelitian ini, rancangan penelitian dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu perancangan sistem perangkat keras (hardware), Perancangan sistem perangkat lunak (software) dan perancangan alat. Metode yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah HSV untuk deteksi objek dan metode fuzzy logic, dimana keluaran fuzzy logic digunakan sebagai pengontrol arah dan kecepatan robot troli.

B. Perancangan Sistem Perangkat Keras (Hardware)

Pada perancangan sistem Hardware terdiri dari 6 bagian utama, yaitu sensor visi berupa PiCamera, mini komputer Raspberry Pi, Arduino, pengendali motor dc dan motor dc.



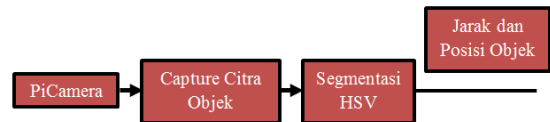
Gambar 9. Blog diagram sistem hardware

Cara kerja sistem perangkat keras yang dirancang menggunakan sensor vision PiCamera sebagai realtime pendeteksi objek, objek dari penelitian ini adalah segitiga berwarna biru. Proses pendeteksian dan pengolahan objek dilakukan dalam sebuah mini komputer (Raspberry Pi). Hasil dari deteksi objek akan dijadikan input pada aturan logika FLC, dimana keluaran FLC digunakan untuk mengontrol arah dan kecepatan gerak robot troli. Objek segitiga berwarna biru akan menghasilkan besar piksel yang berbanding lurus dengan jarak sebenarnya serta dijadikan nilai estimasi jarak dan nilai posisi, Perubahan

kecepatan gerak robot troli bergantung pada informasi yang diterima oleh PiCamera.

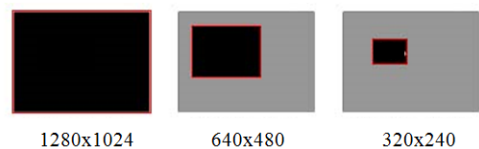
C. Perancangan Sistem Deteksi Objek (Software)

Sistem pendeteksian objek dirancang dengan menggunakan algoritma Segmentasi HSV (Hue, Saturation, Value).



Gambar 10. Blog Diagram Sistem Deteksi Objek

Resolusi yang digunakan pada PiCamera adalah 640x320. Pemilihan resolusi ini mempertimbangkan luas tangkapan layar dan hasil tangkapan gambar.



Gambar 11. Perbandingan Resolusi Kamera

Raspberry Pi telah dilengkapi dengan library untuk mendeteksi bentuk objek yaitu library Approx_c. Library ini berfungsi untuk menghitung banyak sisi tepi objek. Semakin sedikit sisi tepi yang dideteksi maka sistem akan semakin cepat dieksekusi.

Dari beberapa bentuk yang ada (segi empat, segi lima, segi enam), Objek yang akan digunakan dalam sistem pendeteksian adalah objek berbentuk segitiga. Objek segitiga dipilih karena memiliki sisi paling sedikit dari bentuk lainnya. Disamping itu bentuk segitiga tidak akan berubah bila dilihat dari segala arah.

Penentuan posisi objek akan dilakukan dengan dengan cara :

$$(\frac{1}{2}(640)-(posisi\ tengah\ objek\ terhada\ sumbu\ x))$$

Estimasi Jarak menggunakan persamaan *pseudo inverse* dengan persamaan :

$$D = C_2.A^2 + C_1.A + C_0 \dots\dots\dots 3.1$$

Dimana :
 D = estimasi jarak (cm)

C_0, C_1, C_2 = nilai polynominal

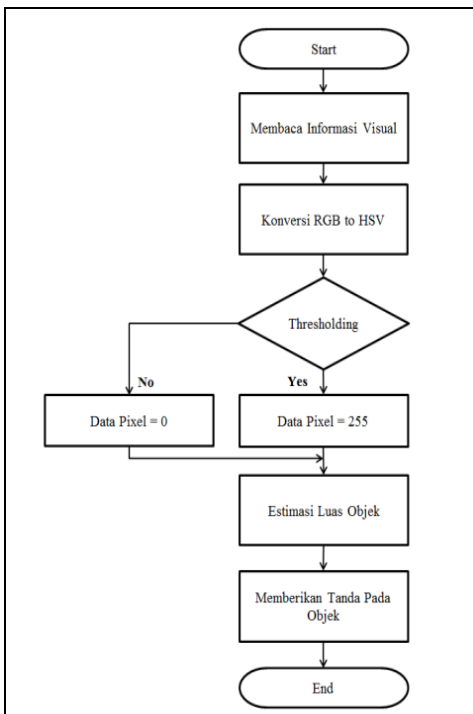
A = diameter lingkaran Objek

Diameter objek didapatkan dengan cara :
 Nilai C_0, C_1, C_2 diperoleh dengan menggunakan bantuan software Matlab dengan menggunakan persamaan:

$$C = W \cdot D \dots \dots \dots 3.2$$

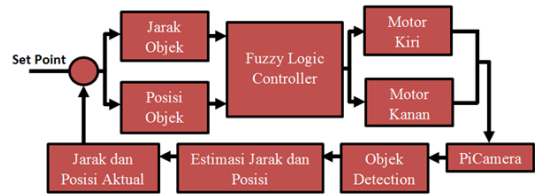
Dimana :
 C = variable nilai polynominal matrix 1x3
 W = pseudo invers matrix $n \times m$ ($n=orde\ 3, m=sample\ data$)
 D = estimasi jarak

Berikut *flow chart* sistem deteksi objek yang dirancang :



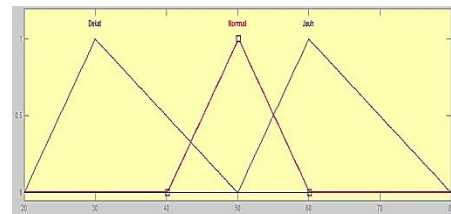
Gambar 12. *Flow Chart* Sistem Deteksi Objek

D. Perancangan Sistem Kontrol



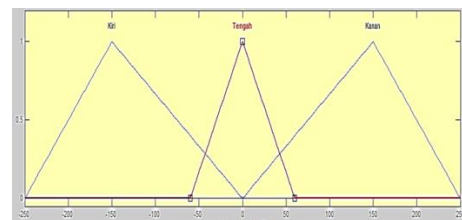
Gambar 13. Blok Diagram Sistem Kontrol

Dalam kendali Fuzzy logic Controller (FLC) yang perlu dirancang adalah fuzzyfikasi, rule evaluation dan defuzzifikasi. Input yang digunakan adalah nilai posisi dan estimasi jarak dan outputnya berupa kecepatan motor kanan dan kiri. Berikut perancangan membership function input jarak :



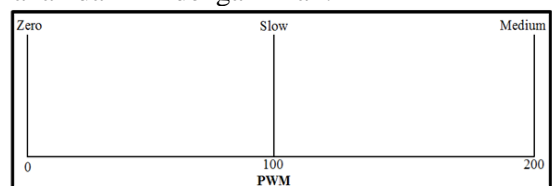
Gambar 14. Fuzzy Set Keanggotaan Input Jarak

Berikut perancangan membership function input posisi :



Gambar 15. Fuzzy Set Keanggotaan Input Posisi

Output yang dihasilkan berupa pwm motor kanan dan kiri dengan nilai :



Gambar 16. Membership Function Output

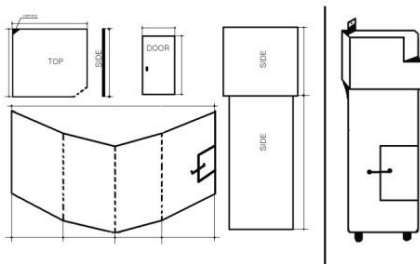
Setelah menentukan masukan dan keluaran maka langkah selanjutnya adalah menentukan rule evaluation. Berikut rule evaluation yang dirancang :

Tabel 1. Tabel 1 Fuzzy Rules

Rule Evaluation	Posisi				
	MBF	Kiri	Tengah	Kanan	
Jarak	Dekat	Defuz1	Slow	Medium	Medium
		Defuz2	Medium	Medium	Slow
	Normal	Defuz1	Slow	Zero	Medium
		Defuz2	Medium	Zero	Slow
	Jauh	Defuz1	Medium	Medium	Zero
		Defuz2	Zero	Medium	Medium

Gambar 17. Rancangan Desain Mekanik

Dari perancangan dan pengerjaan yang dilakukan pada penelitian ini didapatkan keluaran *hardware* sebagai berikut.



Gambar 18. Desain Mekanik Robot Troli

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Segmentasi HSV

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah pencahayaan berpengaruh terhadap hasil segmentasi citra. Pada tahapan ini dilakukan pengujian hasil segmentasi citra dengan memberikan pencahayaan yang berbeda terhadap troli dengan melakukan pengujian didalam ruangan.

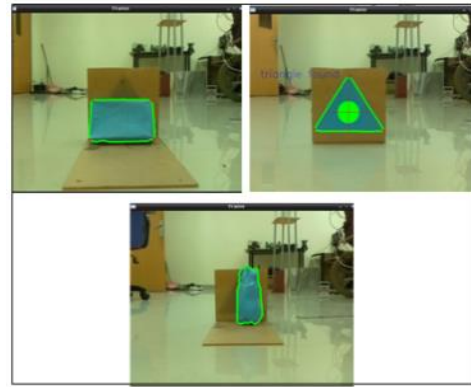
Tabel 2. Hasil Segmentasi HSV

Keterangan	Hasil Segmentasi	Kondisi Sebenarnya
Pukul 10 Pagi Tanpa Lampu		Distance = 43cm posisi = -67 defuz1 = 80 defuz2 = 180
Pukul 10 Pagi Dengan Lampu		Distance = 41cm posisi = 4 defuz1 = 108 defuz2 = 174
Pukul 3 Sore Tanpa Lampu		Distance = 41cm posisi = 4 defuz1 = 108 defuz2 = 174
Pukul 3 Sore Dengan Lampu		Distance = 41cm posisi = 4 defuz1 = 108 defuz2 = 174
Pukul 6 Sore Tanpa Lampu		Distance = 41cm posisi = 4 defuz1 = 108 defuz2 = 174
Pukul 6 Sore Dengan Lampu		Distance = 41cm posisi = 4 defuz1 = 108 defuz2 = 174

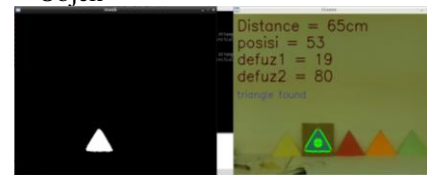
Berdasarkan hasil pengujian segmentasi menunjukkan bahwa segmentasi pada troli akan optimal apabila mendapatkan penerangan yang cukup baik dengan cahaya matahari maupun cahaya lampu.

B. Hasil Pengujian Deteksi Bentuk dan Warna Objek

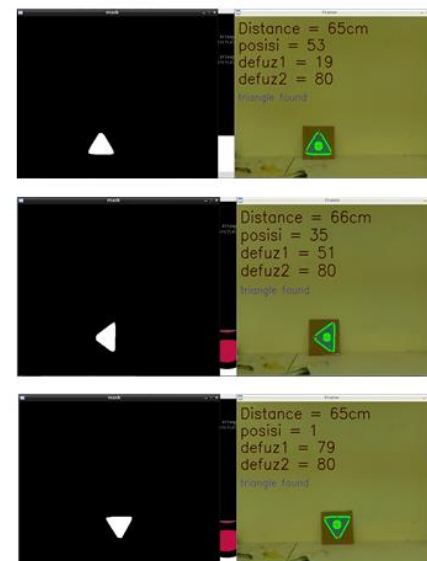
Pada tahap ini akan dilakukan pengujian deteksi bentuk, warna objek, serta orientasi dari objek, dimana objek yang digunakan pada sistem ini adalah objek segitiga berwarna biru. Pengujian ini dilakukan agar dapat diketahui apakah sistem deteksi dapat mendeteksi segitiga berwarna biru dengan baik.



Gambar 19. Pengujian Pendeteksian Bentuk Objek



Gambar 20. Pengujian Pendeteksian Warna Objek Objek



Gambar 21. Pengujian Orientasi Objek


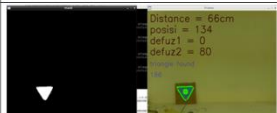
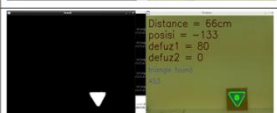
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem sudah dapat membedakan objek berdasarkan bentuk dan warna dan tetap dapat mendeteksi objek dalam posisi miring ataupun terbalik (segala arah)

C. Hasil Pengujian Penentuan Posisi Objek

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian dalam sistem pendeteksian posisi objek, dimana objek dibagi menjadi 3 posisi dalam sumbu x, yaitu kanan, tengah, dan kiri. Estimasi posisi

dilakukan dengan cara setengah lebar layar/frame yang ditangkap oleh kamera dikurangi dengan posisi objek pada sumbu x

Tabel 3. Hasil Pengujian Estimasi Posisi

	Distance = 65cm posisi = 0 defuz1 = 79 defuz2 = 80	Posisi = (1/2 x 640)-320 = 0
	Distance = 66cm posisi = 134 defuz1 = 0 defuz2 = 80	Posisi = (1/2 x 640)-186 = 134
	Distance = 66cm posisi = -133 defuz1 = 80 defuz2 = 0	Posisi = (1/2 x 640)-453 = -133

Hasil perhitungan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa estimasi posisi yang dilakukan oleh sistem sudah berjalan dengan baik.

D. Hasil Pengujian Estimasi Jarak

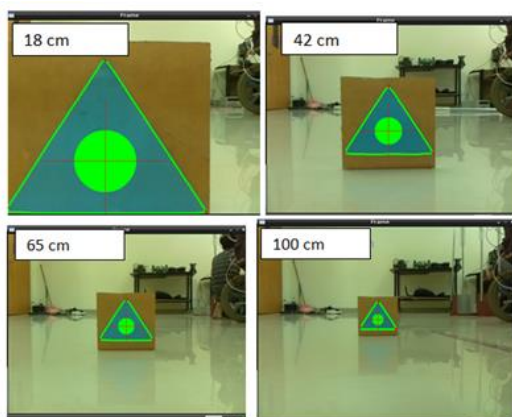
Pada tahap ini akan dilakukan pengujian perhitungan estimasi jarak, tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perbandingan estimasi jarak terhadap jarak sebenarnya. Estimasi jarak ini digunakan sebagai salah satu parameter masukan FLC sistem robot troli.

Jarak Sebenarnya	Estimasi Jarak	Error
30 cm	31 cm	3,23 %
35 cm	36 cm	2,78 %
40 cm	41 cm	2,44 %
45 cm	45 cm	0,00 %
50 cm	48 cm	4,17 %
55 cm	51 cm	7,84 %
60 cm	53 cm	13,21 %
65 cm	55 cm	18,18 %
70 cm	57 cm	16,67 %
75 cm	60 cm	25,00 %

Dari hasil perbandingan estimasi jarak terhadap jarak sebenarnya, tingkat error tertinggi berada pada jarak 75 cm mencapai 25% dan tingkat error terkecil berada pada jarak 45 cm mencapai 0,00% .



Gambar 23. Gambar 22 Grafik error estimasi jarak terhadap jarak sebenarnya



Gambar 22. Hasil Pengujian Objek terhadap Jarak

Tabel 4. Pengujian Estimasi Jarak

E. Hasil Pengujian FLC

Sebelum diaplikasikan pada robot perlu dilakukan pengambilan dan pengujian data dari hasil proses FLC, program FLC yang akan diuji telah digabungkan dengan sistem deteksi objek.

Tabel 5. Keluaran FLC Terhadap Perubahan Jarak

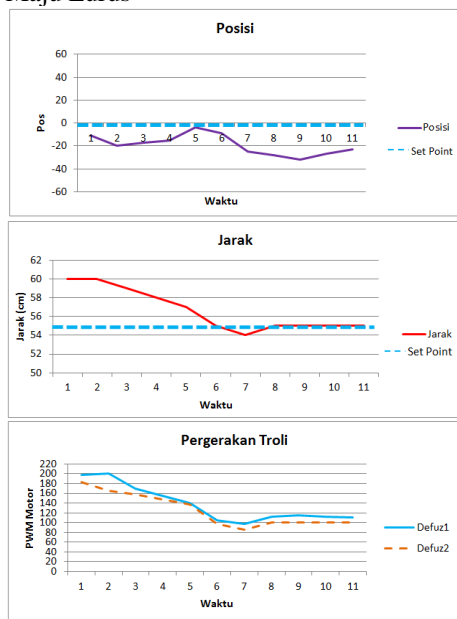
Jarak	Posisi	Defuz1	Defuz2
44	43	150	99
44	44	152	99
23	-57	114	200
24	-62	100	200
25	-43	149	199
27	-43	149	199
30	141	200	100
31	-175	100	200
32	146	200	100
35	-57	111	200
36	185	200	100
37	-57	111	200
37	-126	100	200
38	-40	155	200
39	5	200	194
40	-114	100	200
41	141	199	99
42	173	199	99
43	21	135	105
44	43	150	99

Data tabel 4.4 merupakan nilai keluaran defuz1 dan defuz 2 yang merupakan nilai dari PWM motor kanan dan motor kiri. Data diambil dengan kondisi tidak tersambung dengan arduino, sehingga nilai yang diambil bukan berdasarkan pergerakan, melainkan untuk mengecek kebenaran nilai defuz1 dan defuz2.

F. Pengujian Robot Troli

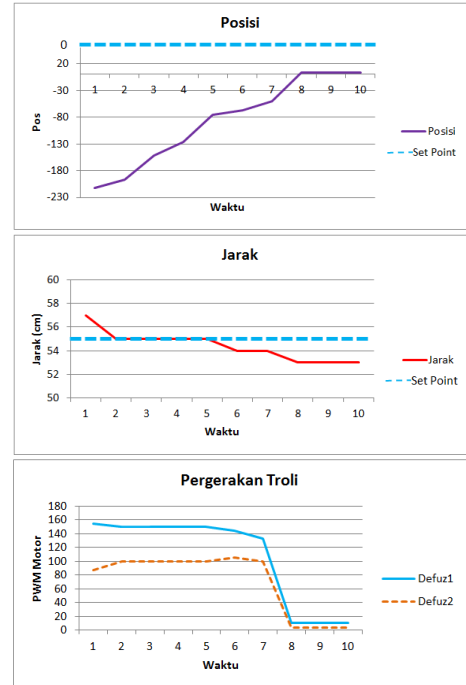
Berikut beberapa pengambilan data yang dilakukan dengan pergerakan robot mengikut objek :

a. Maju Lurus



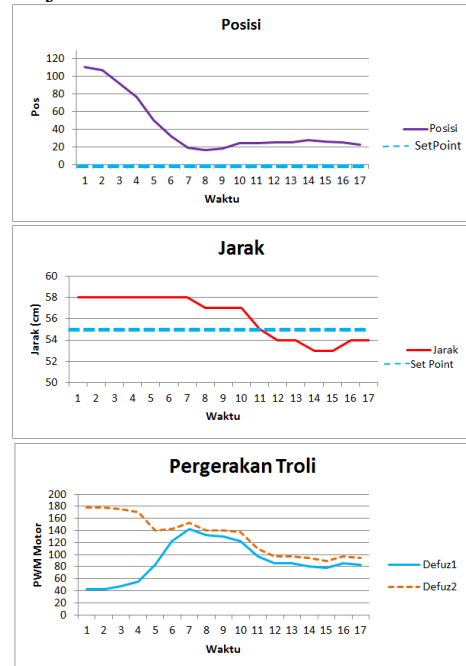
Gambar 24. Grafik Posisi, Jarak dan Pergerakan Troli pada saat kondisi bergerak maju lurus

b. Maju Kanan



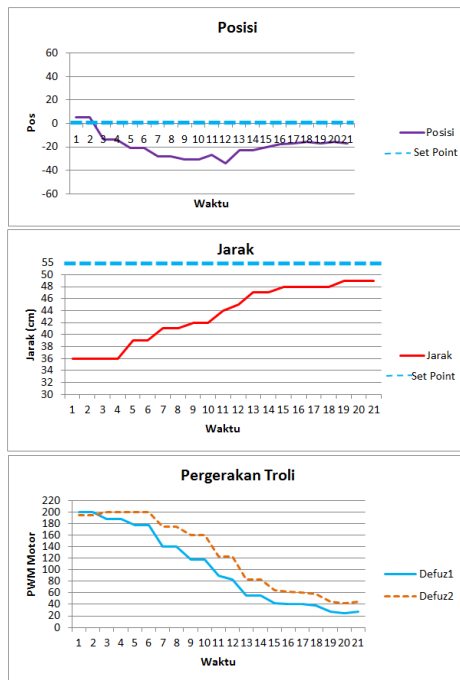
Gambar 25. Grafik Posisi, Jarak dan Pergerakan Troli pada saat kondisi bergerak maju kanan

c. Maju Kiri



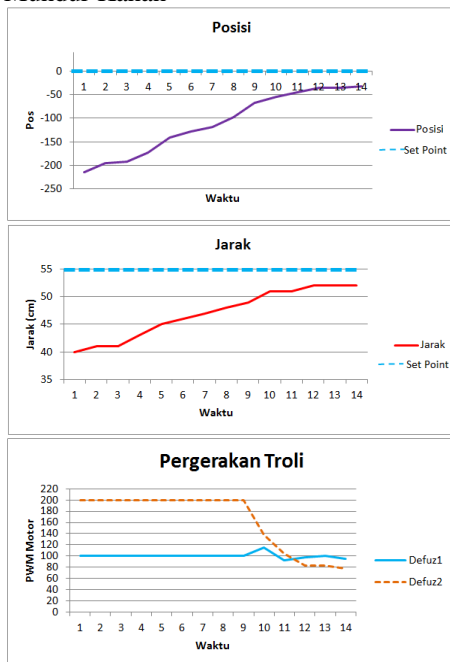
Gambar 26. Grafik Posisi, Jarak dan Pergerakan Troli pada saat kondisi bergerak maju kiri

d. Mudur Lurus



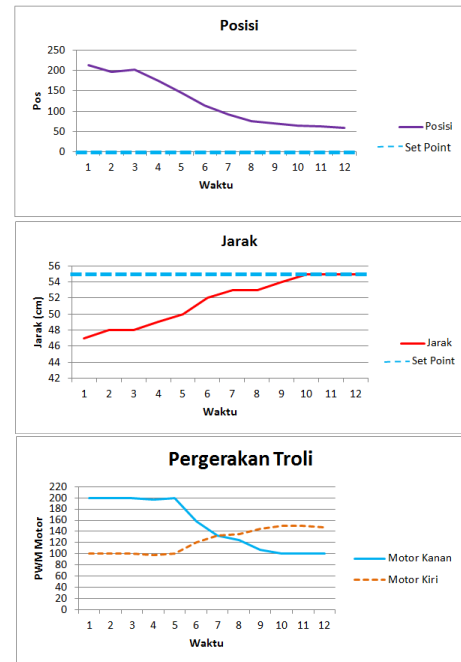
Gambar 27. Grafik Posisi, Jarak dan Pergerakan Trolley pada saat kondisi bergerak mundur lurus

e. Mundur Kanan



Gambar 28. Grafik Posisi, Jarak dan Pergerakan Trolley pada saat kondisi bergerak mundur kanan

a. Mundur Kiri



Gambar 29. Grafik Posisi, Jarak dan Pergerakan Trolley pada saat kondisi bergerak mundur kiri

Tabel 6. Nilai Rise Time, Settling Time, Error Steady State Posisi terhadap setpoint

Posisi Pergerakan Terhadap Set Point	Rise Time	Settling Time	Error Steady State
Maju Lurus	66 ms	110 ms	20
Maju Kanan	48 ms	80 ms	25
Maju Kiri	60 ms	100 ms	25
Mundur Lurus	96 ms	160 ms	18
Mundur Kanan	72 ms	120 ms	40
Mundur Kiri	60 ms	100 ms	60
Rata-Rata	67 ms	111,7 ms	31,3 cm

Tabel 7. Nilai Rise Time, Settling Time, Error Steady State Jarak terhadap setpoint

Jarak	Rise	Settling	Error Steady
-------	------	----------	--------------

Pergerakan Terhadap Set Point	Time	Time	State
Maju Lurus	48 ms	80 ms	0
Maju Kanan	48 ms	80 ms	2
Maju Kiri	96 ms	160 ms	1
Mundur Lurus	114 ms	190 ms	7
Mundur Kanan	72 ms	120 ms	3
Mundur Kiri	60 ms	100 ms	0
Rata-Rata	73 ms	121,7 ms	2,2 cm

Berdasarkan Tabel 6 dan 7, posisi terhadap setpoint pada pergerakan troli memiliki nilai rata-rata rise time sebesar 67 ms, settling time sebesar 117,7 ms dan error steady state 31,3 pos. Sedangkan untuk jarak terhadap setpoint nilai rata-rata rise time sebesar 73 ms, settling time sebesar 121,7 ms dan error steady state 2,2 cm.

Prototype troli ini mampu mengangkat beban sampai dengan 7,6 kg, lebih dari itu troli akan kehilangan keseimbangan. Hal ini terjadi karena bentuk mekanik yang kurang sempurna. Kekurangan ini dapat diantisipasi dengan membuat kerangka troli lebih besar dibagian bawah dan kecil dibagian atas, sehingga beban maksimum yang dapat diangkat oleh troli akan naik.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

Segmentasi HSV yang dirancang dapat bekerja dengan baik pada pencahayaan yang cukup, didalam dan diluar ruangan. Segmentasi HSV pada troli dapat bekerja dengan baik, dan hanya akan bekerja apabila telah mendeteksi objek segitiga berwarna biru dan objek tetap

akan terdeteksi meskipun berada pada posisi miring atau terbalik. Estimasi Jarak yang dirancang memiliki rata-rata error 9,35%.

Fuzzy yang dihasilkan mengikuti objek dengan baik pada 6 gerakan yaitu maju lurus, maju kanan, maju kiri, mundur lurus, mundur kanan dan mundur kiri, rata-rata error steady state pada nilai posisi terhadap setpoint sebesar 31,3 pixel dan 2,2 cm pada nilai jarak terhadap setpoint. Beban maksimum yang mampu dibawa oleh troli adalah 7,6 kg.

Penambahan motor servo pada kamera yang digunakan agar pendeteksian objek lebih luas, dan agar troli mampu mengikuti pergerakan objek dengan cepat.

Penambahan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak yang lebih baik dan sebagai tambahan agar troli tidak menabrak objek lain

Pembuatan rangka mekanik yang lebih baik yaitu dengan membuat bagian bawah troli lebih besar dari pada bagian atas troli sehingga troli tidak akan kehilangan keseimbangan apabila membawa beban yang berat.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rao , K.R.R.Mohan. (2015). Web Page Controlled Robotic Arm using Raspberry pi
- [2] Nataliana Decy, Iqbal Syamsu, Galih Giantara. (2014). Sistem Monitoring Parkir Mobil menggunakan Sensor Infrared berbasis Raspberry Pi. Jurnal TELKOMIKA Vol.2 No.1
- [3] Albertus.V.A. (2014). Troli Pengikut Otomatis Berbasis Mikrokontroler AVR
- [4] Nizam, Hairol. (2013). Develop and Implementation of Autonomous Vision Based Mobile Robot Following Human
- [5] Pranata, Dimas. (2013). Perancangan dan Pembuatan Robot Front Liner Dengan Menggunakan Metode Face Detection Haar-Like Feature
- [6] Pratama, Hadijaya. (2012). Akuisisi Data Kinerja Sensor Ultrasonik Berbasis Sistem Komunikasi Serial Menggunakan Mikrokontroler Atmega 32
- [7] Iqbal, Rully.M.(2012). Implementasi Sistem Navigasi Behavior-Based Robotic dan Kontroler Fuzzy pada Manuver Robot Cerdas Pemadam Api
- [8] Pambudi, Wahyu.S. (2011). Implementasi Metode ANFIS Untuk Menghindari Dynamic Obstacle di Area Koridor Pada Three Whells Omni-Directional Mobile Robot