

Implementasi Logika *Fuzzy* pada Kendali Sistem Penggerak Kamera 2 Axis untuk Mengikuti Objek Berbentuk Bola

Budi Cahyo Wibowo¹, Noor Yulita Dwi Setyaningsih²

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus, Kudus
Gedung J Lantai 2, Kampus Gondangmanis, Bae, Kudus Jawa Tengah, 59327
budi.cahyo@umk.ac.id

Abstract— *Robot detection and object follower is one of the applications and development of robotics vision technology which is currently being researched. Robotics vision technology is not only based on sensors that are able to recognize certain objects but is also supported by electrical, mechanical and control technology so that the robot's function as a tool capable of performing physical tasks, both those that work autonomously or in human supervision can be achieved. This 2 axis camera drive system is designed using fuzzy logic method with several stages consisting of determining membership values for fuzzification, inference and defuzzification processes to produce output signals that are used to run servo motors on 2 axis motion. By applying the fuzzy logic control method to the 2-axis camera drive system, the system is able to tracking objects that move at a speed of 7.34 cm/s.*

Keywords—*Robot, Object, Fuzzy Logic, Camera*

Intisari—*Robot pendeteksi dan pengikut objek tertentu merupakan salah satu penerapan dan pengembangan dari teknologi robotic vision yang saat ini sedang banyak diteliti. Teknologi robotics vision tidak hanya bertumpu pada sensor yang mampu mengenali objek tertentu saja melainkan didukung pula oleh teknologi elektro, mekanik dan kendali sehingga fungsi robot sebagai alat yang mampu melakukan tugas secara fisik, baik yang bekerja secara autonomous ataupun dalam pengawasan manusia dapat tercapai. Sistem penggerak kamera 2 axis ini didesain dengan metode logika fuzzy dengan beberapa tahap yang terdiri dari penentuan nilai keanggotaan untuk fuzzifikasi, proses inferensi dan defuzzifikasi untuk menghasilkan sinyal keluaran yang digunakan untuk menjalankan motor servo pada gerak 2 axis. Dengan menerapkan metode kendali logika fuzzy pada sistem penggerak kamera 2 axis, sistem mampu mengikuti objek yang bergerak dengan kecepatan 7,34 cm/s.*

Kata Kunci— *Robot, Objek, Logika Fuzzy, Kamera*

I. PENDAHULUAN

Teknologi robotik pada dasarnya difungsikan untuk membantu pekerjaan manusia disamping sebagai alat untuk meningkatkan kinerja sebuah sistem. Teknologi robot bisa dalam bentuk elektro mekanik atau sering dikenal dengan mekatronika atau bio mekanik, atau gabungan peralatan yang menghasilkan gerakan otonomis maupun tidak otonom atau mengikuti instruksi. AI (*Artificial Intelligence*) memegang peran penting dalam dunia robotika karena memungkinkan robot dapat bergerak secara otomatis[1]. Teknologi robotik

sudah banyak diterapkan dalam berbagai bidang yang salah satunya adalah penerapan teknologi *robotic vision* yang menggunakan kamera sebagai indra penglihatan bagi robot. Banyaknya penggunaan kamera dalam kegiatan manusia sehari – hari menjadi salah satu faktor banyaknya penelitian terkait dengan *image processing*, mulai dari medis, robotika dan keamanan[2].

Salah satu fungsi kamera adalah untuk merekam, dan masih banyak kegiatan merekam khususnya di Indonesia yang masih ditangani oleh manusia tanpa bantuan robot. Proses perekaman yang dilakukan manusia rawan terjadi kesalahan, hal ini disebabkan banyak faktor diantaranya tingkat kejenuhan dan kelelahan yang menyebabkan konsentrasi menurun[3].

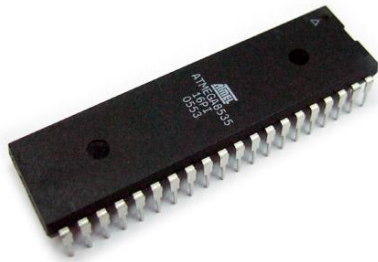
Untuk membantu tugas manusia dalam proses perekaman, penelitian ini mengembangkan prototipe teknologi robot yang mampu mendeteksi dan mengikuti pergerakan objek yang direkam. Untuk dapat menggerakkan kamera agar mengikuti objek yang dideteksi maka dibutuhkan kendali pada sistem penggerak kamera sehingga mampu mengikuti dan merekam pergerakan objek yang dideteksi, tentunya dibutuhkan respon yang baik dalam sistem kendalinya sehingga kamera mampu mengikuti pergerakan objek tertentu yang akan direkam secara otomatis. Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka pembahasan dalam penelitian ini bertujuan mengimplementasikan metode logika *fuzzy* pada proses defuzzifikasi dengan metode *singleton weight average* dari sugeno untuk mendapatkan respon waktu yang lebih baik yaitu kemampuan sistem penggerak kamera untuk selalu mengikuti pergerakan objek yang dideteksi pada kecepatan tertentu. Sistem kendali logika *fuzzy* banyak diaplikasikan pada sistem kontrol, karena proses kendalinya relatif mudah dan tidak menggunakan model matematis yang rumit dan kompleks sehingga fleksibel untuk pengembangan[4].

II. LANDASAN TEORI

Mikrokontroler AVR Atmega8535

Mikrokontroler merupakan suatu IC (*Integrated Circuit*) yang didalamnya terdiri atas mikroprosesor, *interface I/O*, dan memori program, ROM (*Read Only Memory*) dan RAM (*Random Access Memory*). Penggunaan mikrokontroler dalam bidang kontrol sangat luas dan banyak diaplikasikan. Ada beberapa produsen yang memproduksi mikrokontroler,

diantaranya *Intel, Microchip, Atmel, Philips, dll.* Gambar 1 adalah bentuk fisik dari mikrokontroler atmega8535.



Gambar 1. Mikrokontroler Atmega8535

ATMega8535 adalah mikrokontroler CMOS 8 bit daya rendah berbasis arsitektur RISC. Instruksi dikerjakan pada satu siklus *clock*, ATMega8535 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz, hal ini membuat ATMega8535 dapat bekerja dengan kecepatan tinggi walaupun dengan penggunaan daya rendah[5].

Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC yang dilengkapi dengan rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang terintegrasi dalam rangkaian motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor akan umpangkan kembali ke rangkaian kontrol yang ada didalam motor servo.



Gambar 2. Motor Servo

Motor servo disusun dari sebuah motor DC, *gear box*, *variabel resistor*, dan rangkaian kontrol. *Variabel resistor* digunakan untuk menentukan batas maksimal putaran sumbu (*axis*). Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa sinyal yang dihubungkan ke pin kontrol motor servo[6].

Motor servo adalah motor yang berputar lambat, dimana biasanya ditunjukkan oleh rotasi putarannya yang lambat, namun demikian memiliki torsi yang kuat karena *internal*

gear. Sebuah motor servo memiliki : 3 jalur kabel : *power*, *ground*, dan *control*, Sinyal kontrol mengendalikan posisi. Operasional dari servo motor dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar $\pm 20\text{ms}$, lebar pulsa antara 0.5ms dan 2ms menyatakan akhir dari *range* sudut maksimum. Konstruksi didalamnya meliputi *internal gear*, *potensiometer*, dan *feedback control*[7].

Logika Fuzzy

Logika *Fuzzy* merupakan suatu metode yang memiliki nilai keaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah.

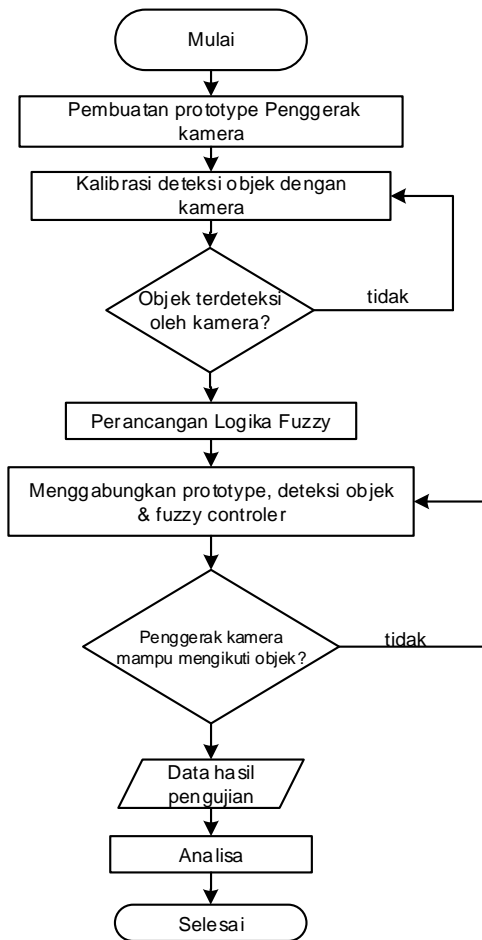
Logika *fuzzy* dapat digunakan dalam bidang teori kontrol, teori pengambilan keputusan, dan beberapa bagian dalam manajemen sains. Kelebihan dari logika *fuzzy* adalah mampu mengolah suatu data masukan yang di proses dengan penalaran secara bahasa (*linguistic reasoning*), sehingga dalam perancangannya tidak perlu lagi persamaan matematis dari objek yang dikendalikan. Salah satu aplikasi dari logika *fuzzy* adalah mesin pencuci, konsep kerjanya adalah dengan mendefinisikan *input* dari karakteristik bahan yang akan dicuci yang akan diproses untuk mendapatkan *output* berupa kecepatan motor yang akan memutar mesin cuci pada kecepatan tertentu sesuai dari karakteristik bahan tersebut[8]. Nilai keanggotaan dalam logika *fuzzy* berada antara 0 dan 1. Jadi suatu keadaan mempunyai dua nilai “Ya dan Tidak”, “Benar dan Salah” secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimiliki[9].

Fungsi keanggotaan (*member of function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki *interval* antara 0 sampai 1.

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perancangan, pembuatan dan pengujian sistem penggerak kamera untuk mengikuti objek berbentuk bola. Penelitian diawali dengan merancang prototipe sistem penggerak kamera dua *axis*, yang terdiri atas bagian kontroler dimana desain *fuzzy logic controller* ditanamkan, masukan berupa data *image processing* hasil tanggapan kamera dan keluaran berupa dua motor servo yang berputar menghasilkan gerakan pada sumbu *x* dan sumbu *y*, kemudian dilanjutkan dengan kalibrasi dan pengujian deteksi objek dengan kamera, perancangan *fuzzy logic controller* dan kemudian menggabungkannya dengan sistem deteksi objek dengan kamera dan pengujian keseluruhan sistem untuk menganalisa respon kecepatan sistem kendali logika *fuzzy* yang diterapkan dalam mengikuti pergerakan objek berbentuk bola.

Alur penelitian yang telah dilakukan disajikan seperti pada Gambar 3.



Gambar. 3 Langkah Penelitian

Adapun proses penelitian dilakukan dengan terlebih dahulu merancang dan membuat prototype penggerak kamera yang dijadikan sebagai objek penelitian, kemudian merancang dan mengkalibrasi deteksi objek oleh kamera yang dijadikan sebagai *input* untuk kendali logika *fuzzy*, kemudian merancang kendali logika *fuzzy*, yaitu merancang masukan *fuzzy* yang berupa parameter data a dan data b berdasarkan data deteksi objek oleh kamera. Selanjutnya kendali *fuzzy* digabungkan dengan kontroler prototype penggerak kamera untuk mengikuti laju pergerakan objek yang dideteksi. Kemudian melakukan pengujian dan menganalisis hasil pengujian yang ada.

A. Perancangan Fuzzy Logic Controller

Lotfi Zadeh adalah orang yang pertama kali memperkenalkan kepada publik tentang metode logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* digunakan untuk menyelesaikan suatu operasi pada sebuah sistem dengan pendekatan yang lebih sederhana. Pendekatan dengan logika *fuzzy* tidak menggunakan pendekatan matematis melainkan menggunakan aturan-aturan yang ditentukan sesuai dengan uji kepakaran yang dimungkinkan adanya toleransi untuk data-data yang tidak sesuai.

Tahapan proses pada sebuah *Fuzzy Controller* ditunjukkan pada Gambar 4[3]. Secara umum, sistem kontrol *fuzzy* terdiri

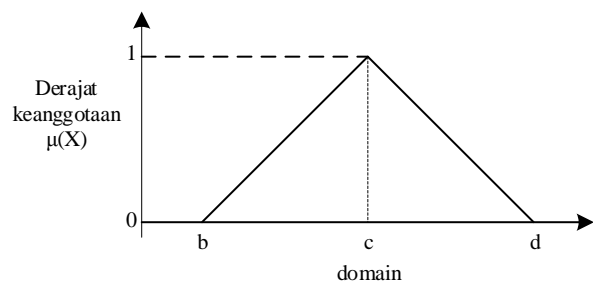
dari empat faktor dasar: fuzzifikasi, basis aturan, inferensi dan defuzzifikasi[10].



Gambar 4. Struktur Dasar Pengendali Fuzzy

Empat faktor utama yang diperlukan dalam mengimplementasikan FLC (*Fuzzy Logic Controller*), yaitu jumlah set *fuzzy* dalam bentuk bahasa, aturan dasar untuk proses inferensi, pengambilan keputusan untuk menentukan perilaku pengontrol dan bentuk fungsi keanggotaan. Defuzzifikasi merupakan tahapan terakhir dalam sistem logika *fuzzy*. Pemilihan metode defuzzifikasi yang sesuai mempengaruhi respon kendali yang dihasilkan[11].

Kendali *fuzzy* tidak membutuhkan persamaan matematika yang rumit. Aturan kendali *fuzzy* dinyatakan dalam logika variasi bahasa. Kontrol *fuzzy* adaptif sejauh ini merupakan teknik kontrol yang baik[12]. Salah satu fungsi yang dapat digunakan adalah model kurva segitiga. Model kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara garis linear naik dan linier turun seperti terlihat pada Gambar 5.



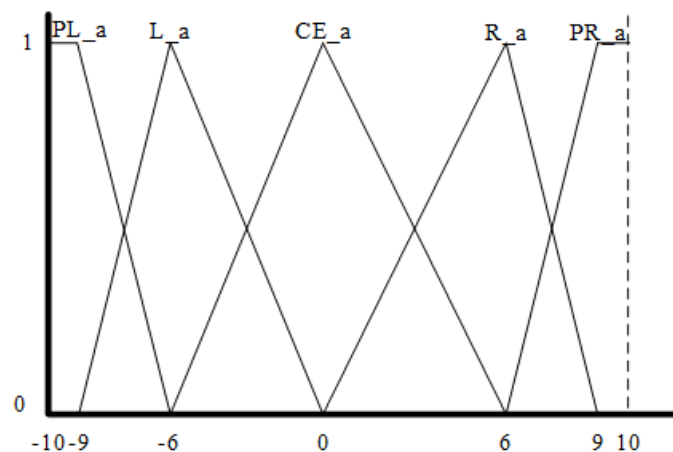
Gambar 5. Kurva Segitiga

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq b \text{ atau } x \geq d \\ (x - b)/(c - b); & b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c); & a \leq x \leq d \end{cases} \quad (1)$$

Fungsi keanggotaan adalah kurva yang menggambarkan pemetaan *input* data ke dalam nilai keanggotaan, yang memiliki rentang antara 0 dan 1. Fungsi keanggotaan memiliki beberapa jenis, seperti bentuk segitiga, bentuk trapesium, dll. Untuk sistem - sistem yang membutuhkan dinamika yang signifikan, bentuk segitiga atau trapesium dapat digunakan. Untuk sistem kontrol sangat tinggi, gaussian bentuk atau kurva-S dapat dimanfaatkan.

1) Masukan Data a

Koordinat sumbu X dan Y yang dideteksi oleh kamera melalui objek yang dikenali dijadikan sebagai acuan untuk menentukan posisi objek berada. Adapun domain yang telah ditentukan adalah antara -9 sampai dengan +9, data_a ini selanjutnya dibagi dalam 5 himpunan fungsi keanggotaan, yaitu PL_a, L_a, CE_a, R_a, PR_a. Untuk fungsi keanggotaan PL_a, L_a, CE_a, R_a, dan PR_a berada pada nilai tertinggi (1) dan masing – masing terletak pada nilai [-10,-9] untuk PL_a, nilai [-6] untuk L_a, nilai [0] untuk CE_a, nilai [6] untuk R_a, dan nilai [9,10] untuk PR_a. Masukan data_a digambarkan dengan fungsi keanggotaan seperti Gambar 6. Masukan data a merupakan variabel yang digunakan untuk menampung data ordinat *pixel* sebagai hasil pengenalan objek berbentuk bola yang dikirimkan oleh sistem *image processing* ke kontroler yang telah ditanamkan desain kontroler logika *fuzzy*. Desain kontroler logika *fuzzy* kemudian dikonversikan kedalam bahasa pemrogram C untuk programkan ke mikrokontroler AVR Atmega8535.



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan untuk Masukan Data a

Keterangan:

- PL_a = paling kiri_a
- L_a = kiri_a
- CE_a = tengah_a
- R_a = Kanan_a

PR_a = Paling Kanan_a

Persamaannya adalah:

$$\mu_{PL_a} [xa] = \begin{cases} 1; & xa \leq -9 \\ \left(\frac{-6-xa}{3}\right); & -9 \leq xa \leq -6 \\ 0; & xa \geq -6 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{L_a} [xa] = \begin{cases} 0; & xa \leq -9 \text{ atau } xa \geq 0 \\ \left(\frac{xa+9}{3}\right); & -9 \leq xa \leq -6 \\ \left(\frac{0-xa}{6}\right); & -6 \leq xa \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{CE_a} [xa] = \begin{cases} 0; & xa \leq -6 \text{ atau } xa \geq 6 \\ \left(\frac{xa+6}{6}\right); & -6 \leq xa \leq 0 \\ \left(\frac{6-xa}{6}\right); & 0 \leq xa \leq 6 \end{cases} \quad (4)$$

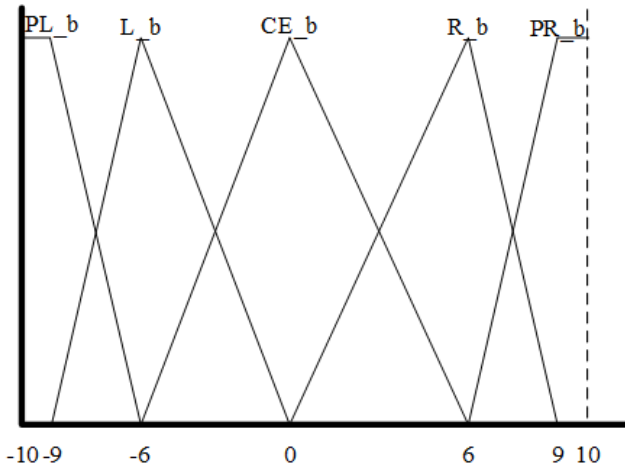
$$\mu_{R_a} [xa] = \begin{cases} 0; & xa \leq 0 \text{ atau } xa \geq 9 \\ \left(\frac{xa-0}{6}\right); & 0 \leq xa \leq 6 \\ \left(\frac{9-xa}{3}\right); & 6 \leq xa \leq 9 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{PR_a} [xa] = \begin{cases} 0; & xa \leq 6 \\ \left(\frac{xa-6}{3}\right); & 6 \leq xa \leq 9 \\ 1; & xa \geq 9 \end{cases} \quad (6)$$

2) Masukan Data b

Masukan data_b merupakan masukan kedua yang diperoleh dari nilai masukan data_a dikurangi nilai masukan data sebelumnya. Masukan data_b juga dibagi dalam 5 keanggotaan *fuzzy*. Yaitu: yaitu PL_b, L_b, CE_b, R_b, PR_b. Untuk fungsi keanggotaan PL_b, L_b, CE_b, R_b, dan PR_b berada pada nilai tertinggi (1) dan masing – masing terletak pada nilai [-10,-9] untuk PL_b, nilai [-6] untuk L_b, nilai [0] untuk CE_b, nilai [6] untuk R_b, dan nilai [9,10] untuk PR_ba. Masukan data_b digambarkan dengan fungsi keanggotaan seperti Gambar 7. Dari dat masuka a dan data masukan b digunakan sebagai masukan untuk proses inferensi yang didalamnya berisi *rule* atau aturan – aturan logika *fuzzy* untuk menentukan kondisi keluaran yang didasarkan pada desain proses defuzzifikasi yang dirancang pada penelitian ini.

Desain defuzzifikasi digunakan untuk menentukan nilai keluaran yang akan mengatur putaran dari dua motor servo yang bergerak sepanjang sumbu x dan sumbu y untuk mengikuti pergerakan dari objek berbentuk bola dengan warna tertentu. Proses defuzzifikasi merupakan prosedur terakhir yang dilakukan untuk mengubah proses *linguistic* pada logika *fuzzy* ke nilai besaran yang dapat digunakan untuk mengendalikan putaran motor servo.



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Masukan Data b

Keterangan:

- PL_b = Paling Kiri_b
- L_b = Kiri_b
- CE_b = Tengah_b
- R_b = Kanan_b
- PR_b = Paling Kanan_b

Persamaannya adalah:

$$\mu_{PL_b}[xb] = \begin{cases} 1; & xb \leq -9 \\ \left(\frac{-6-xb}{3}\right); & -9 \leq xb \leq -6 \\ 0; & xb \geq -6 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{L_b}[xb] = \begin{cases} 0; & xb \leq -9 \text{ atau } xb \geq 0 \\ \left(\frac{xb+9}{3}\right); & -9 \leq xb \leq -6 \\ \left(\frac{0-xb}{6}\right); & -6 \leq xb \leq 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{CE_b}[x] = \begin{cases} 0; & xb \leq -6 \text{ atau } xb \geq 6 \\ \left(\frac{xb+6}{6}\right); & -6 \leq xb \leq 0 \\ \left(\frac{6-xb}{6}\right); & 0 \leq xb \leq 6 \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_{R_b}[x] = \begin{cases} 0; & xb \leq 0 \text{ atau } xb \geq 9 \\ \left(\frac{xb-0}{6}\right); & 0 \leq xb \leq 6 \\ \left(\frac{9-xb}{3}\right); & 6 \leq xb \leq 9 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{PR_b}[xb] = \begin{cases} 0; & xb \leq 6 \\ \left(\frac{xb-6}{3}\right); & 6 \leq xb \leq 9 \\ 1; & xb \geq 9 \end{cases} \quad (11)$$

Kedua masukan fuzzifikasi ini digunakan secara bergantian untuk mengendalikan motor sumbu X dan motor sumbu Y. Proses berikutnya adalah proses inferensi yang didalamnya berisi aturan-aturan yang ditentukan untuk berbagai kondisi logika pada kedua masukan. Berikut ini adalah tabel desain

Fuzzy Logic Rule yang diterapkan pada kendali sistem penggerak kamera 2 axis.

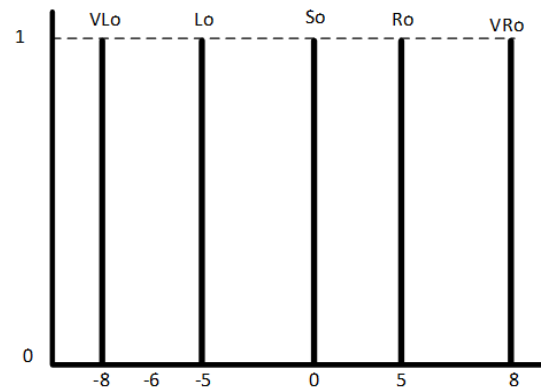
TABEL I
ATURAN LOGIKA FUZZY

	PL_a	L_a	CE_a	R_a	PR_a
PL_b	VLo	Lo	So	So	Ro
L_b	Lo	Lo	So	So	Ro
CE_b	Lo	Lo	So	Ro	Ro
R_b	Lo	So	So	Ro	Ro
PR_b	Lo	So	So	Ro	VRo

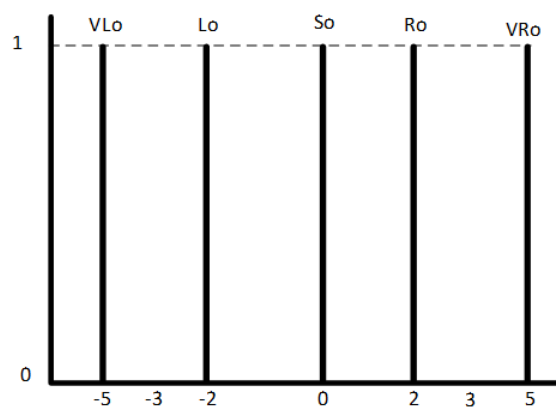
Keterangan:

- VLo = Sangat Kiri
- Lo = Kiri
- So = Stop
- Ro = Kanan
- VRo = Sangat Kanan

Tahap berikutnya adalah proses defuzzifikasi, metode yang diterapkan dalam tahapan defuzzifikasi ini menggunakan *singleton weight average*, adapun desain dari proses defuzzifikasi ini digambarkan sebagai berikut:



Gambar 8. Fungsi Keanggotaan Kendali Motor Servo Sb. x



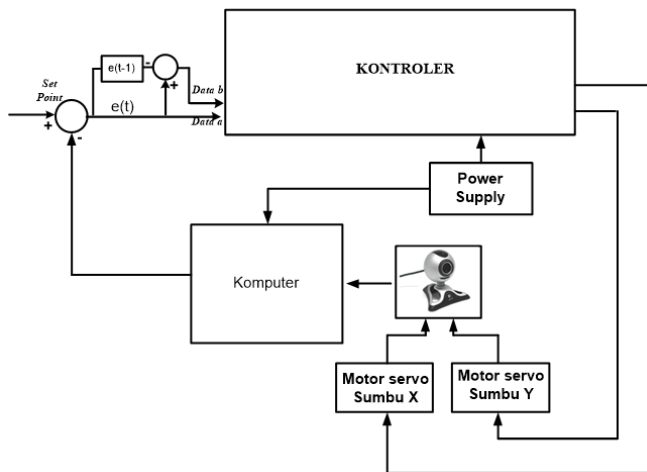
Gambar 9. Fungsi Keanggotaan Kendali Motor Servo Sb. y

B. Perancangan Perangkat Keras

Sistem penggerak kamera 2 axis adalah sebuah sistem tracking yang dirancang untuk mengenali objek dengan warna dan bentuk tertentu kemudian setelah mengenali objek

tersebut, maka sistem penggerak akan mengikuti gerakan atau perubahan posisi dari objek yang dikenali tersebut. Sistem penggerak kamera 2 axis ini memerlukan dua motor servo yang didesain bergerak dengan koordinat sumbu X dan Y sesuai dengan pergerakan objek yang dikenali melalui kamera. kendali yang diterapkan pada kedua motornya menggunakan metode logika fuzzy.

Gambar 10 adalah diagram blok kendali sistem penggerak kamera 2 axis dengan metode logika fuzzy pada sistem penggerak kamera 2 axis.



Gambar 10. Diagram Blok Sistem Penggerak Kamera 2 axis

Fungsi tiap blok adalah:

- Kontroler, merupakan pusat dari sistem kendali yang digunakan, dengan metode logika fuzzy yang diterapkan untuk mengendalikan gerakan dari 2 motor
- Kamera dan komputer, digunakan sebagai sensor dan pemroses citra untuk mengenali objek bentuk bola dengan warna tertentu.
- Motor Servo, adalah motor yang difungsikan sebagai penggerak yang mengendalikan kamera untuk mengikuti pergerakan dari objek yang dikenali.
- Power Supply bagian yang berfungsi memberikan sumber tenaga untuk semua sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian pengenalan objek berdasarkan ukuran

Pengujian pengenalan objek berdasarkan ukuran dilakukan dengan cara mendekatkan objek bentuk bola didepan kamera. Adapun tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui kemampuan sistem pendeteksi objek berupa kamera dan pengolah citra dalam mengenali objek bentuk bola dengan variasi ukuran. Tabel 2 adalah hasil pengujian pengenalan objek berbentuk bola dengan ukuran tertentu.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN PENGENALAN OBJEK BERDASAR UKURAN

Ukuran Objek (mm)	Intensitas cahaya ruang (lux)	Tampilan objek saat dikenali	
		Citra Warna	Citra Biner
17	80		
30	80		
64	80		
96	80		

Pada Tabel 2 diketahui bahwa kamera mampu mengenali objek dengan bentuk bola dengan ukuran 17mm, 30mm, 64mm dan 96mm. lingkaran berwarna merah yang tampak pada gambar menandakan bahwa posisi objek tersebut telah dideteksi oleh pengolah citra yang diaplikasikan pada kamera.

B. Pengujian respon kendali sistem penggerak kamera 2 axis dalam mengikuti objek bergerak

Pengujian respon kendali pada sistem penggerak kamera 2 axis digunakan untuk mengetahui seberapa baik respon yang dilakukan oleh sistem kendali pada penggerak kamera dalam mengikuti objek. Pengujian dilakukan dengan menempatkan objek bentuk bola didepan kamera kemudian objek secara perlahan digerakkan secara horisontal dari arah kanan ke arah kiri dengan kecepatan gerak tertentu.

Untuk mengetahui respon time dari kendali yang diterapkan pada sistem penggerak ini dilakukan dengan membandingkan antara gerak penggerak dengan kecepatan gerak objek yang terdeteksi. Gambar 11 merupakan desain pengujian respon kendali sistem penggerak kamera 2 axis. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan variasi kecepatan gerak objek.

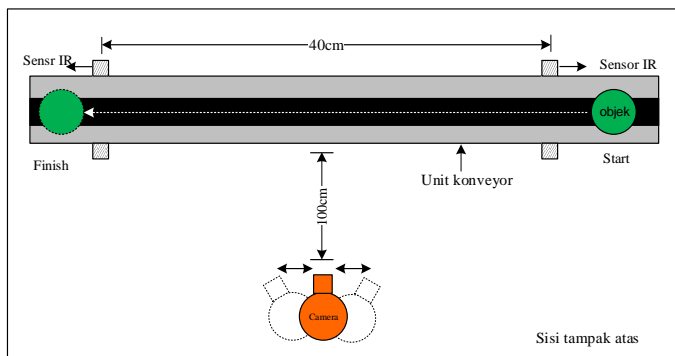
Pada pengujian ini kamera dikalibrasi dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jarak objek terhadap kamera : 60 cm
- Ukuran objek : 64mm
- Intensitas Cahaya : 118 lux

Proses kalibrasi objek bentuk bola yang akan diikuti oleh sistem penggerak kamera dua axis ini dimaksudkan agar kamera yang digunakan sebagai sensor benar – benar mampu

mengenali objek yang akan diikuti dengan mengirimkan data masukan yang valid.

REFERENSI



Gambar 11. Skema Pengujian Respon Kendali

Objek berbentuk bola warna hijau bergerak diatas konveyor dari sisi kanan ke sisi kiri dengan kecepatan tertentu, secara otomatis kamera akan mengikuti gerak bola tersebut.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN RESPON KENDALI SISTEM PENGGERAK
KAMERA 2 AXIS

Rata-rata Laju Objek (cm/s)	Rata – rata Laju Kamera (cm/s)	Jarak Objek terhadap Kamera (cm)	Keterangan
2,86	2,44	60	Objek diikuti
4,20	4,10	60	Objek diikuti
5,30	5,30	60	Objek diikuti
6,50	6,20	60	Objek diikuti
7,34	7,10	60	Objek diikuti
16,35	3,30	60	Objek tidak mampu diikuti

Pada Tabel 3 terlihat bahwa sistem penggerak kamera 2 axis mampu mengikuti objek berbebrak dengan baik pada kecepatan laju antara 2,86 cm/s hingga 7,34 cm/s, sedangkan pada laju objek dengan kecepatan 16,35 cm/s sistem penggerak kamera 2 axis tidak mampu mengikuti laju dari objek bergerak yang dikenali.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, *Fuzzy logic controller* yang diterapkan pada sistem penggerak kamera 2 axis, yang meliputi proses fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi mampu mengontrol dua motor DC servo untuk mengikuti laju gerakan dari objek yang dikenali dengan baik. Agar sistem penggerak kamera 2 axis ini mampu mengikuti objek dengan baik maka perlu dilakukan proses kalibrasi sistem *image processing* pada objek yang akan diikuti Kendali penggerak kamera 2 axis dengan logika *fuzzy* yang diaplikasikan mampu mengikuti gerakan objek yang dikenali secara horisontal dengan laju gerak objek hingga 7,34 cm/s.

[1] V. kyrki and d. kragic, “computer and robot vision,” *iee Robot. Autom. Mag.*, vol. 18, pp. 121–122, 2011.

[2] J. Y. Mambu, A. Wahyudi, Z. Reinaldo, and T. Braif, “Robot Perekam Objek Berbasis Face Tracking,” *Cogito Smart J.*, vol. 3, 2017.

[3] M. R. Rahimi, S. Hajighasemi, and D. Sanaei, “Designing and Simulation for Vertical Moving Control of UAV System using PID , LQR and Fuzzy logic,” *IJECE*, vol. 3, 2013.

[4] M. Nadhif, “Aplikasi Fuzzy Logic untuk Pengendali Motor DC Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dengan Sensor Photodioda,” *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 81–85, 2015, doi: 10.15294/jte.v7i2.8594.

[5] *Datasheet Atmega8535*. www.atmel.com, 2006.

[6] R. E. paksi Rismanto, “Palang Pintu Kereta Otomatis Menggunakan Sensor Hcsr-04 Bertenaga Surya,” *J. Tek. Elektro Uniba (JTE Uniba)*, vol. 4, no. 2, pp. 54–57, 2020.

[7] A. Hilal and S. Manan, “Pemanfaatan Motor Servo Sebagai Penggerak CCTV Untuk Melihat Alat-Alat Monitor Dan Kondisi Pasien Di Ruang Icu,” *Gema Teknol.*, vol. 17, no. 2, pp. 95–99, 2015, doi: 10.14710/gt.v17i2.8924.

[8] M. Fatih *et al.*, “Simulasi sistem pencuci bahan tekstil berbasis logika fuzzy,” *J. Tek. Elektro Uniba (JTE Uniba)*, vol. 5, no. 2, 2021.

[9] E. Yazid, “Penerapan Kendali Cerdas Pada Sistem Tangki Air Menggunakan,” *Himpun. Fis. Indones.*, vol. 2009, no. 2, pp. 11–23, 2009, [Online]. Available: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

[10] N. yulita D. Setyaningsih and A. C. Murti, “Control Temperature on Plant Baby Incubator With Fuzzy Logic,” *J. SIMETRIS*, vol. 7, 2016.

[11] S. Kusumadewi, *Analisis Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*. Jogjakarta: Graha Ilmu, 2012.

[12] M. Namazov, “DC motor position control using fuzzy proportional-derivative controllers with different defuzzification methods,” *turkish j. fuzzy syst*, vol. 1, pp. 36–54, 2010.