

# Robot Vision Penyortir Menggunakan Metode Logika Fuzzy Berbasis Image Processing

Abdurahman, Ahmad Zarkasi\*, Citra Madona  
Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu  
Komputer, Universitas Sriwijaya Indonesia  
Email : abdurahmanfaqod@gmail.com

**Abstract**—Kemajuan teknologi industri 4.0 mulai menjadi aspek dasar didunia industri saat ini. Otomasi pada sistem industri menjadi solusi untuk mengurangi human error dalam melakukan kegiatan produksi diindustri. Implementasi sistem tertanam berbasis kecerdasan buatan perlu dikembangkan sebagai prototype yang dapat membantu meningkatkan kualitas home industri. Pada penelitian ini implementasi robot penyortir telur dengan menggunakan metode fuzzy logic diharapkan dapat mengklasifikasikan telur berdasarkan bobot dan diameter telurnya. Robot menggunakan dua parameter utama dalam mengklasifikasikan telur yaitu bobot telur dan diameter telur. Kedua paramater ini menjadi input sistem fuzzy logic. Sistem penghitungan bobot menggunakan sensor load cell dan arduino uni sedangkan sistem perhitungan diameter telur menggunakan camera dan raspbery pi. Data bobot dan diameter telur kemudian akan di klasifikasikan menggunakan metode takagi sugeno kang. Robot sudah dapat menyortir telur berdasarkan ukuran fisik dan bobot dari telur, dengan rata-rata error yang di peroleh yaitu 0,0135 untuk diameter dari ukuran fisik telur dan 0,002543333 untuk bobot dari telur yang disortir.

**Keywords**—Fuzzy, Bobot, Robot, Arduino, linguistik,

## I. PENDAHULUAN

Teknologi industri mempunyai tingkatan dalam mutu kerja dan efektifitas dalam mencapai hasil yang optimal, hal tersebut dilatarbelakangi dengan permintaan investor industri untuk melakukan pembenahan setiap kinerja mesin. Salah satu teknologi industri yang umum digunakan adalah mesin penyortir. Mesin penyortir adalah alat yang dapat membantu untuk memilah hasil produksi utama dan hasil yang cacat produksi. [1].

Berdasarkan aturan Standar Nasional Indonesia SNI No. 3926:2008, isinya tentang bobot telur dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu kecil dengan indeks parameter berat kurang dari 50 g, indeks parameter berat golongan sedang 50 g sampai dengan 60 g dan besar dengan indeks parameter berat lebih dari 60 g. Dengan tiga tingkatan kualitas mutu sebuah telur, diantaranya kualitas I dengan bentuk kondisi kerabang normal, halus, tebal, utuh, dan bersih. Kualitas II dengan bentuk kerabang normal, halus, tebal, utuh, dan memiliki sedikit noda kotor. Dan pada kualitas III dengan bentuk kondisi kerabang abnormal, sedikit kasar, tipis, utuh, dan memiliki banyak noda dan sedikit kotor[2].

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Muhamad Arinda Vebriani [3] mengenai implementasi fuzzy logic dikarenakan konsep matematis yang sederhana, fleksibel, mudah dipahami dan memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat. Pada penelitian ini, robot mobile berkamera pengikut objek menggunakan fuzzy logic dengan metode Sugeno dalam pergerakan roda pada robot serta menggunakan kamera

wireless dalam pengolahan citra digital untuk mendeteksi objek

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Nurfitriana[4] yaitu mengenai perancangan robot manipulator mobile pendeteksi warna, dimana dalam penelitian ini menggunakan kamera webcam sebagai mata pada robot dan sensor laser berfungsi untuk jarak depan robot serta 2 buah sensor ultrasonik untuk mendeteksi halangan yang di kanan dan dikiri robot.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Prima Asmara Sejati dan Adhi Susanto [5] mengenai rancang bangun purwarupa klasifikasi warna objek menggunakan robot manipulator 4 DOF, dimana pada penelitian ini menggunakan sensor warna untuk image processing sebagai inputan melalui mikrokontroler kemudian melakukan perhitungan jumlah objek berdasarkan warna. Untuk penentuan posisi target penelitian ini menggunakan metode pemetaan arena.

Penelitian selanjutnya dari Andik Yulianto, Agus Salim, Erwin Sukma Bukardi [6] mengenai Implementasi metode fuzzy logic kontroler pada posisi lengan robot 1 DOF, dimana pada penelitian ini menggunakan metode fuzzy logic kontroler untuk pergerakan dari motor DC

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Istilah robot berasal dari bahasa Cekoslowakia, dimana kata robot berasal dari kata “Robota” yang berarti kerja cepat. Istilah ini muncul di tahun 1920 oleh Karel Capeck yaitu seorang pengarang sandiwara pada karyanya yang berjudul “Rossum’s Universal Robot” yang berarti robot dunia milik Rossum. [7]

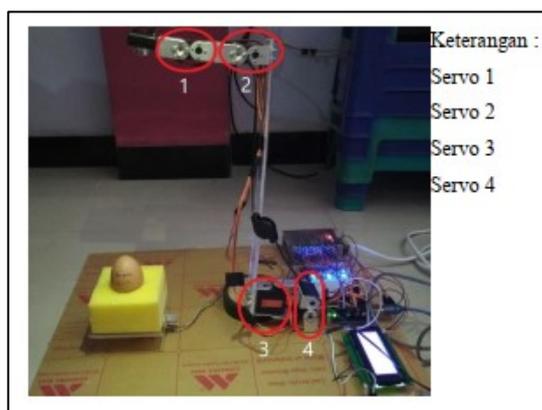
Untuk bisa dikatakan sebagai robot sebuah sistem dapat mengadopsi satu atau dua dari sistem seperti pengelihatan (mata), sistem pendengaran (telinga), maupun gerakan fisik yang ada pada diri manusia. Di bab ini akan membahas tentang robot vision manipulator berbasis arduino untuk pergerakan robot dan berbasis Raspbery Pi dalam pengolahan citra sedangkan metode yang dipakai yaitu menggunakan fuzzy logic Sugeno, Sensor load cell dan webcam sebagai inputan dan LCD untuk menampilkan output dari data yang diterima oleh robot.

Adapun penelitian yang telah dilakukan oleh prima Asmara Sejati dan Adhi Susanto mengenai rancang bangun purwarupa klasifikasi warna objek menggunakan robot manipulator 4 DOF, dimana pada penelitian ini menggunakan sensor warna untuk image processing sebagai inputan melalui mikrokontroler kemudian melakukan perhitungan jumlah objek berdasarkan warna. Untuk penentuan posisi target penelitian ini menggunakan metode pemetaan arena[5]

### A. Robot Vision Manipulator

Robot vision merupakan robot yang menggunakan kamera sebagai sensor untuk mengenali lingkungan sekitarnya agar mendapatkan hasil gambar objek tertentu. Robot vision dapat berupa mobile robot ataupun non mobile robot. Dimana jenis Non mobile robot hanya dapat melakukan pergerakan pada beberapabagian dari anggota tubuhnya saja dengan fungsinya yang telah dirancang sehingga robot jenis ini tidak bisa melakukan perpindahan posisi. Vision pada non mobile robot digunakan untuk mengenali objek pada

robot manipulator. Robot manipulator ini pada umumnya berbentuk lengan yang banyak digunakan dalam bidang industri. Robot manipulator memiliki sendi yang dapat bergerak menggunakan aktuator. Umumnya dalam perancangan robot manipulator yang sederhana menggunakan motor servo karena mudah dalam penggunaan dan mengontrol gerakannya.[8]. Adapun gambar robot vision dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Robot Vision Manipulator

### B. Pengolahan Citra Digital

Citra digital merupakan sebuah fungsi dua dimensi  $f(x,y)$  dimana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial dan amplitude dari  $f$  pada sembarang pasangan koordinat  $(x,y)$  disebut intensitas atau level keabuan dari citra pada titik tersebut. Ketika  $x,y$  dan nilai intensitas dari  $f$  semuanya terbatas citra tersebut citra digital.

#### a) Deteksi Lingkaran

Pada proses deteksi lingkaran ini menggunakan algoritma Hough Transform (HT) yang merupakan suatu teknik untuk menentukan lokasi suatu bentuk dalam citra. HT diceuskan pertama kali oleh P.V.C hough pada tahun 1962. Algoritma Hough Transform pada dasarnya suatu teorema yang tersusun atas persamaan untuk mendeteksi garis dan lingkaran. Metode ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi garis dan lingkaran[11][12].

Deteksi lingkaran adalah proses untuk mendapatkan garis tepi dari objek pada sebuah citra, proses ini bertujuan untuk menandai bagian yang menjadi detail citra serta untuk memperbaiki detail citra yang kabur akibat dari proses akuisisi citra yang tidak baik. Dalam implementasinya, HT melakukan pemetaan terhadap titik-titik pada citra ke dalam parameter space (HT space) berdasarkan suatu fungsi yang yang mendefinisikan bentuk yang ingin dideteksi. Berikut terdapat persamaan lingkaran dari haugh circles transform [10]

$$r = (x - a)^2 + (y - b)^2 \quad (1)$$

Keterangan :

$a$  dan  $b$  = kordinat pusat lingkaran

$r$  = radius

$x$  dan  $y$  = kordinat titik  $(x,y)$

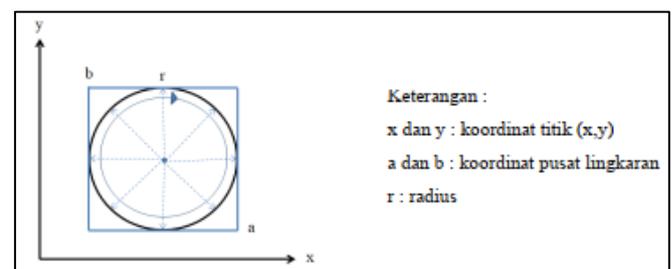
Dari persamaan diatas, sebuah lingkaran memiliki tiga parameter yaitu  $r$ ,  $a$ , dan  $b$ . dalam bentuk trigonometri persamaan dapat dituliskan menjadi :

Secara umum, komputasi dan ukuran deret akumulator meningkat secara polinomial dengan jumlah parameternya seperti rumus berikut :

$$x = a + r \cos (\theta) \quad (2)$$

$$y = b + r \sin (\theta) \quad (3)$$

Berikut ilustrasi dalam koordinat dari Hough Circle Transform, dimana gambar (a) merupakan setiap titik dalam ruang geometris dan (b) merupakan lingkaran dalam ruang parameter. Lingkaran dalam ruang parameter berpotongan pada  $(a,b)$  yang merupakan pusat dalam ruang geometris.



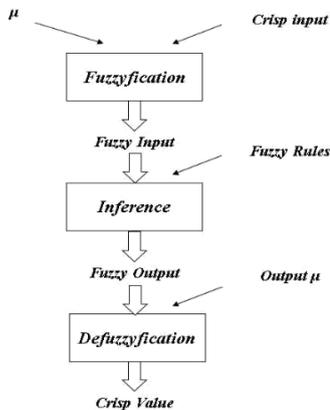
Gambar 2. Koordinat Hough Circles Transform

Proses awal untuk mendeteksi lingkaran ialah proses capture dari kamera. Kemudian hasil yang diperoleh merupakan gambar dalam bentuk RGB, kemudian gambar RGB dikonversi menjadi gambar dalam bentuk grayscale. Kemudian dicari sebuah lingkaran menggunakan metode haugh transform. Pada prosesnya, kamera akan mendeteksi setiap objek yang ditangkap, kemudian dengan metode Hough Cirles Transform setiap objek yang di tangkap oleh kamera dan membentuk garis. Kemudian dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 akan mencari nilai  $R$ ,  $a$ ,  $b$ . Dengan tujuan untuk menemukan titik pusat yang sebenarnya dari lingkaran. Dari garis yang didapat sebelumnya kemudian akan di regenerate untuk mengetahui apakah objek yang di deteksi merupakan lingkaran atau bukan. Proses regenerate adalah dimana objek yang di deteksi akan dibaca jari-jarinya. Kemudian jari-jari tersebut dicocokkan kembali ke berbagai sisi objek dengan cara memutar objek tersebut. Jika selama proses regenerate tersebut nilai jari-jarinya sama hal itu berarti objek yang dideteksi merupakan lingkaran.

#### 2) Logika Fuzzy

Logika fuzzy atau logika samar dapat memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti “sedikit”, “lumayan”, dan “sangat”. Logika samar mempunyai nilai kebenaran yang berkisar antara 0 dan 1. Logika Fuzzy masuk dalam kategori kecerdasan buatan reasoning. Algoritma fuzzy digunakan untuk mengolah variabel penelitian sesuai rulebase yang dibuat[13].

Suatu sistem berbasis aturan fuzzy terdiri dari tiga komponen utama yaitu fuzzification, inference, defuzzification seperti pada gambar 3. fuzzification dilakukan dengan mengubah masukan nilai kebenarannya yang bersifat pasti (crisp input) ke dalam bentuk fuzzy input berupa nilai linguistic yang ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan tertentu. Inference melakukan penalaran menggunakan fuzzy input dan fuzzy rules yang telah ditentukan sehingga menghasilkan fuzzy output. Sedangkan defuzzification mengubah fuzzy output menjadi crisp value berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan [17]

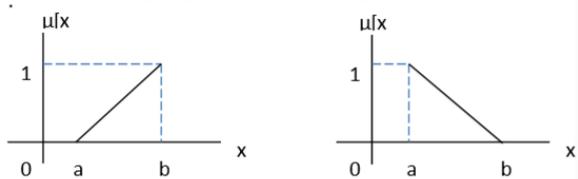


Gambar 3. Diagram Blok Sistem Berbasis Aturan Fuzzy

a) Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (membership function) adalah fungsi yang digunakan untuk memetakan setiap nilai crisp x menjadi derajat keanggotaan dalam interval. Terdapat banyak fungsi keanggotaan yang bisa dibangun dan digunakan untuk mempresentasikan fuzzy set, disini hanya dibahas fungsi keanggotaan linear, yaitu :

Fungsi Linear merupakan fungsi yang sederhana yang digambarkan dalam bentuk garis lurus. Setiap nilai x yang merupakan fungsi keanggotaan akan ditampilkan dalam bentuk interval [0,1] yang didasari dengan garis lurus yang telah didefinisikan. Fungsi linear dapat berbentuk naik ataupun turun yang dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4. Tipe Representasi Kurva Linear

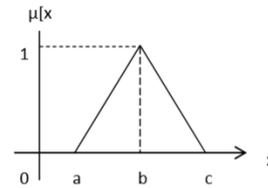
Pada persamaan (5) merupakan fungsi keanggotaan kurva linear naik

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & \text{untuk } x \leq a \\ (x - a)/(b - a) & \text{untuk } a < x < b \\ 1 & \text{untuk } x \geq b \end{cases} \quad (5)$$

Pada persamaan (6) merupakan fungsi keanggotaan kurva linear turun

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 & \text{untuk } a < x < b \\ (b - x)/(b - a) & \text{untuk } x \geq b \\ 0 & \text{untuk } x \leq a \end{cases} \quad (6)$$

Pada umumnya fungsi kurva segitiga merupakan kurva dibentuk dari gabungan dua garis linear. Gambar 5 merupakan bentuk kurva segitiga.



Gambar 5. Representasi Kurva Segitiga

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & \text{untuk } x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a) & \text{untuk } a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b) & \text{untuk } b \leq x \leq c \end{cases} \quad (4)$$

Keterangan :

x = Bobot nilai yang sudah ditentukan pada setiap inputan yang dipilih

a = batas nilai minimum pada setiap inputan

b = nilai tengah dari batas minimum dan maksimum

c = batas nilai maksimum pada setiap inputan

b) Himpunan Fuzzy

Terdapat dua atribut himpunan fuzzy yaitu sebagai berikut :

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, misalnya : KECIL, SEDANG, BESAR.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 10, 20, 30.

Fuzzy logic dapat diimplementasikan dalam 3 tahap, yaitu :

1. Fuzzifikasi

Pada proses fuzzifikasi yaitu mengubah masukan nilai kebenarannya yang bersifat pasti (crisp input) kemudian dikonversi ke bentuk fuzzy input berupa nilai linguistic yang ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan. Komponen fuzzifikasi berfungsi untuk memetakan masukan-masukan nilai crisp kedalam himpunan fuzzy menjadi nilai fuzzy dari beberapa variabel linguistic masukan.

2. Inference

Untuk membedakan dengan First Orde Logic, secara sintak suatu aturan fuzzy dituliskan sebagai : “**IF antecedent THEN consequent**” Mekanisme untuk menentukan fuzzy yang digunakan yaitu menggunakan metode Min-Max. Pada metode ini keputusan diambil berdasarkan aturan conjunction dan disjunction. Dalam proses min-max inference adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan aturan conjunction (∧) yaitu memilih dari beberapa derajat keanggotaan minimum yang berdasarkan nilai linguistic yang terhubung dengan conjunction (∧) kemudian masuk ke dalam clipping dalam fungsi keanggotaan
2. Penggunaan aturan disjunction (∨) yaitu memilih derajat keanggotaan terbesar dari beberapa hasil dari nilai linguistic yang terhubung pada disjunction (∨).
3. Defuzzifikasi diartikan sebagai proses dalam mengubah besaran fuzzy yang ditampilkan dalam bentuk himpunan fuzzy output dengan fungsi keanggotaannya untuk mendapatkan kembali bentuk pastinya (crisp), karena dalam aplikasi nyata nilai pasti(crisp) yang diperlukan. Dalam proses defuzzifikasi inputannya berupa himpunan fuzzy yang diperoleh dari aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan ialah bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Hal ini berarti,

jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka output dapat diambil dari suatu nilai crisp tertentu

c) *Metode Takagi Sugeno Kang*

Metode Takagi Sugeno dapat menghasilkan output sistem yang bukan merupakan himpunan fuzzy, tetapi berupa nilai konstanta maupun persamaan linear. Metode ini dikenalkan oleh Takagaki Sugeno Kang pada tahun 1985 dengan model Sugeno yang menggunakan fungsi dari keanggotaan singleton. Singleton adalah sebuah himpunan dari fuzzy yang mempunyai fungsi keanggotaan serta derajat keanggotaan yang berada di suatu nilai crisp tunggal dan nilai crisp lainnya berisi nilai 0.

Metode Takagi Sugeno Kang memiliki beberapa keuntungan yaitu antara lain :

1. Lebih efisien dalam masalah komputasi
2. Bekerja paling baik untuk teknik-teknik linear
3. Bekerja paling baik untuk teknik optimasi dan adaptif
4. Menjamin kontinuitas permukaan output.
5. Karena metode ini memiliki konsep matematis sederhana, fleksibel, mudah dipahami dan memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat hal ini menyebabkan waktu proses dan respon lebih cepat sehingga perhitunganpun dapat dilakukan lebih cepat dibanding dengan metode yang lain. Hal inilah yang membuat penulis mengambil metode Takagi Sugeno Kang sebagai pengambil keputusan pada robot penyortir telur.

Metode Sugeno pada fuzzy memiliki aturan yang dapat dilihat pada persamaan 7 berikut ini :

$$IF (X1 \text{ is } A1) \text{ AND} \dots \text{ AND}(X1 \text{ is } An) \text{ THEN } y=f(X1, \dots, Xn) \quad (7)$$

Dimana f dapat memiliki sembarang fungsi dari beberapa variabel input sedangkan nilainya berada pada interval variabel output. Pada metode Sugeno, defuzzifikasi dilakukan dengan menghitung Weighted Average yaitu memiliki nilai rata-rata dengan bobotnya berupa derajat keanggotaan.

Rumus untuk defuzzifikasi pada metode Takagi Sugeno Kang yaitu adalah sebagai berikut :

$$WA = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \dots + \alpha_n z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n} \quad (8)$$

Keterangan :

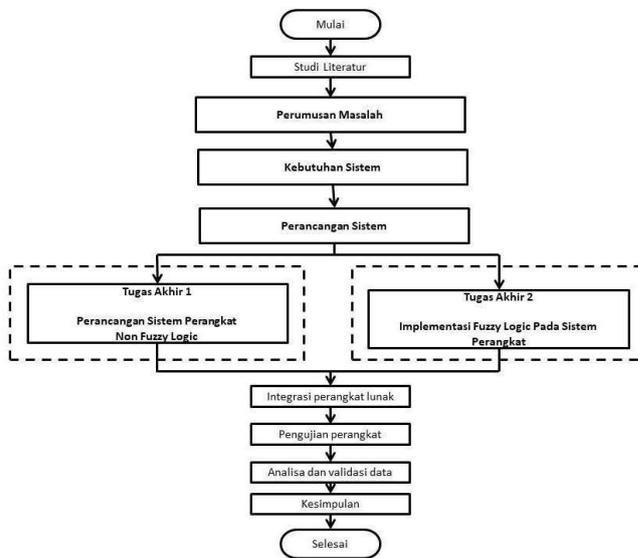
- WA = (Weighted Average) Nilai rata-rata
- an = Nilai predikat aturan ke-n
- zn = Indeks nilai input (konstanta) ke-n

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metodologi yang digunakan pada penelitian. Objek penelitian ini mengenai implementasi fuzzy logic dengan metode Sugeno pada robot penyortir telur dan pengolahan citra digital dengan metode Hough Circles Transform. Metode penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan . Tahapan yang dilakukan mengikuti kerangka kerja penelitian (framework) yang telah dirancang. Keep your text and graphic files separate until after the text has been formatted and styled. Do not use hard tabs, and limit use of hard returns to only one return at the end of a paragraph. Do not add any kind of pagination anywhere in the paper. Do not number text heads-the template will do that for you.

### A. Kerangka Kerja

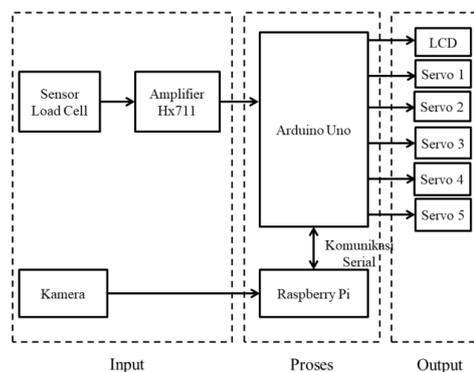
Penyusunan suatu sistem diperlukan beberapa tahapan dalam perancangan sistematis, hal ini bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam melakukan perancangan dan pembuatan alat. Tujuan dari perancangan alat yaitu membuat suatu implementasi sistem yang baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Perancangan alat ini salah satu tahapan untuk menyelesaikan laporan akhir, sehingga perancangan dilakukan secara sistematis dan saling berkaitan sehingga dapat menghasilkan sistem dengan spesifikasi yang baik. Adapun kerangka kerja sistem dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Kerangka Kerja Sistem

### B. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras perlu menganalisis kebutuhan sistem yang diperlukan karena berhubungan dengan pembuatan aplikasi sistem. Pada tahapan ini juga akan menjelaskan mengenai sistem pada robot penyortir sesuai blok diagram pada gambar 7.



Gambar 7. Diagram blok sistem

Pada gambar diatas robot ini terdiri dari beberapa blok sistem yaitu input, proses dan output. Pada bagian input terdapat dua inputan yaitu sensor load cell yang membaca bobot dari telur dan open cv membaca diameter telur yang akan disortir. Pada bagian proses terdapat Arduino digunakan untuk mengontrol motor servo, LCD, dan sensor load cell dan

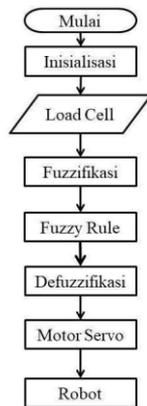
Raspberry Pi digunakan untuk mengontrol kamera, dimana nantinya Arduino dengan Raspberry Pi akan komunikasi secara serial untuk mengirim data yang diterima. Kemudian untuk outputnya yaitu LCD yang akan menampilkan nilai bobot serta diameter telur dan output dari algoritma fuzzy logic yaitu robot akan memprediksi ukuran telur Bahasa pemrograman yang digunakan pada Raspberry Pi yaitu bahasa C++ menggunakan fasilitas program netbeans. Dan mikrokontroller arduino menggunakan bahasa C++ menggunakan fasilitas program Arduino UNO. Pada Arduino dikhususkan untuk mengontrol motor servo, load cell, dan LCD. Sedangkan Raspberry Pi hanya akan mengontrol open cv, hal itu dilakukan agar mengurangi resiko kerusakan pada mikroprosesor. Kemudian keduanya melakukan komunikasi serial untuk mengirim dan menerima data yang masuk.

### C. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak secara umum dibagi menjadi dua yaitu:

#### 1) Perancangan Perangkat Lunak Deteksi Bobot

Adapun perancangan perangkat lunak deteksi bobot dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. Flowchart Perangkat Lunak Deteksi Bobot

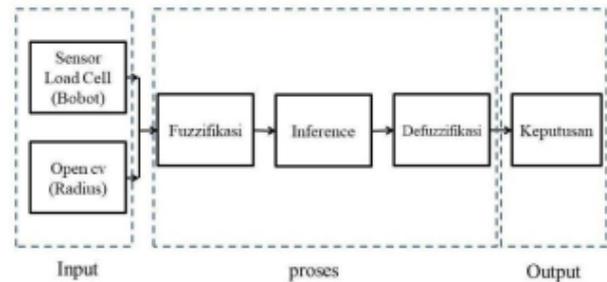
Langkah awal yang dilakukan yaitu mengaktifkan program, lalu kemudian load cell akan menginisialisasikan untuk membaca nilai bobot, Setelah itu masuk ke proses fuzzifikasi agar robot dapat mengambil keputusan, kemudian data yang diterima di Arduino akan diolah untuk selanjutnya dikirim ke motor servo agar dapat bergerak.

#### 2) Perancangan Perangkat Lunak Deteksi Lingkaran

Deteksi lingkaran berfungsi sebagai acuan bahwa objek yang menjadi target adalah benda yang berbentuk lingkaran. Proses ini dilakukan agar mendapatkan nilai radius dari deteksi yang dilakukan Haugh circles transform yaitu suatu metode dalam open cv yang berfungsi untuk menentukan garis lingkaran dari objek yang ditangkap oleh kamera. Pada tahapan ini dilakukan pendeteksian bentuk lingkaran dari objek. Cara kerja dari metode ini yaitu membaca nilai pixel dari setiap baris dan kolom pada grayscale image. Bentuk objek yang dideteksi di dapat dari pixel-pixel yang mempunyai nilai 255. Dimana pixel yang mempunyai nilai 255 akan digolongkan menjadi satu. Pada matrix grayscale gambar akan terlihat pixel yang bernilai 255 dan akan membentuk lingkaran.

#### 3) Perancangan Algoritma Fuzzy Logic

Sistem inferensi fuzzy yang digunakan dalam robot ini yaitu metode Sugeno. Di metode ini output didapat dari empat langkah yaitu membentuk himpunan fuzzy (fuzzifikasi), membuat rule base, inferensi dan penegasan (defuzzifikasi) menggunakan metode min-mix, dan defuzzifikasi menggunakan metode weighted average. Adapun blok diagram sistem fuzzy dapat dilihat pada gambar 9 berikut.



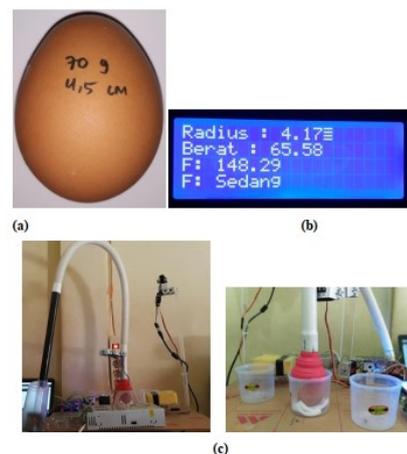
Gambar 9. Blok Diagram Fuzzy logic

Robot penyortir ini memiliki dua inputan yaitu sensor load cell yang berupa nilai bobot dan kamera yang berupa nilai diameter dari objek dan output dari robot ini yaitu berupa keputusan untuk memprediksi ukuran telur dalam proses sortir. Prediksi ukuran telur terbagi menjadi kecil, sedang dan besar.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengujian Hardware Robot

Pengujian sortir telur ini dilakukan dengan menggunakan tiga contoh telur ayam negeri. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah proses sortir yang dilakukan robot sama dengan proses sortir yang dilakukan dengan perhitungan manual. Berikut merupakan gambar proses sortir berdasarkan ukuran fisik telur



Gambar 10. Pengujian Ketiga Sortir Telur

- (a) Telur Yang Disortir
- (b) Tampilan Pada LCD
- (c) Pergerakan Pada Robot
- (d) Tampak Samping Pergerakan Robot

### B. Pengujian Pengukuran Bobot

Modul Hx711 ini berfungsi untuk membaca nilai bobot pada telur. Maka dari itu dilakukan pengujian dan validasi

data untuk membandingkan data yang diterima. Pada persamaan 9 merupakan rumus untuk menghitung error masing-masing data yang diterima oleh sensor load cell.

$$\text{Error Bobot Rata - Rata} = \frac{\text{bobot 1} - \text{bobot 2}}{\text{bobot 1}} \times 100 \% \quad (9)$$

Keterangan :

Bobot 1 = bobot di perhitungan manual

Bobot 2 = bobot dari hx711

Tabel 1. Validasi Data Bobot Telur

No	Pengukuran Manual	Pengukuran Hx711	Perhitungan Error
1	70 gram	68,54 gram	2,08 %
2	80 gram	79,00 gram	1,25 %
3	50 gram	48,86 gram	2,28 %
4	70 gram	68,00 gram	2,85 %
5	80 gram	76,37 gram	4,50 %
6	80 gram	78,07 gram	2,40 %
7	70 gram	69,78 gram	0,31 %
8	70 gram	67,65 gram	3,35 %
9	60 gram	58,68 gram	2,20 %
10	50 gram	48,54 gram	2,92 %

Dari kesepuluh data yang diambil maka didapat error rata-rata dengan rumus pada persamaan 4.1 berikut.

$$\begin{aligned} \text{Error Bobot Rata - Rata} &= \frac{\sum \text{Perhitungan Error}}{\text{Banyak Data Error}} \\ &= \frac{(2,08 + 1,25 + 2,28 + 2,85 + 4,50 + 2,40 + 0,31 + 3,35 + 2,20 + 2,92)\%}{10} \\ &= \frac{23,14\%}{10} \\ &= 2,414\% \end{aligned}$$

### C. Pengujian dan pengukuran Diameter

Pada pengujian manual penulis menggunakan jangka sorong dan library OpenCV untuk membaca nilai diameter telur. Maka dari itu dilakukan pengujian dan validasi data untuk membandingkan data yang diterima. Pada persamaan 4.2 merupakan rumus untuk menghitung error pada masing-masing data yang diterima oleh kamera.

$$\text{Error Diameter Rata - Rata} = \frac{\text{Diameter 1} - \text{Diameter 2}}{\text{Diameter 1}} \times 100 \%$$

Keterangan :

Diameter 1 = bobot di perhitungan manual

Diameter 2 = bobot dari open CV

Tabel 2. Validasi Data Diameter Telur

No	Pengukuran Manual	Pengukuran di kamera	Perhitungan Error
1	4,3 cm	4,3 cm	0 %
2	4,5 cm	4,4 cm	2,22 %
3	4,0 cm	3,8 cm	5 %
4	4,4 cm	4,3 cm	2,27 %
5	4,5 cm	4,4 cm	2,22 %
6	4,7 cm	4,6 cm	2,12 %
7	4,3 cm	4,1 cm	4,65 %
8	4,4 cm	4,3 cm	2,27 %
9	4,3 cm	4,3 cm	0 %
10	4,1 cm	4,0 cm	2,43 %

### D. Pengujian Fuzzy Logic

Adapun tabel 4.1 merupakan data hasil pengujian dari kesepuluh data yang diuji, berikut tabel dari hasil pengujian yaitu :

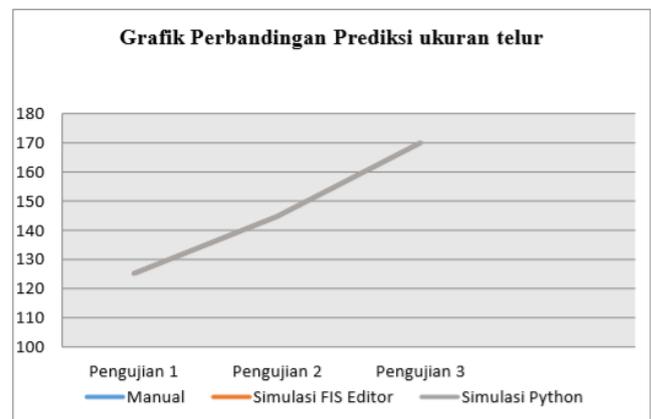
Tabel 3. Pengujian Data Telur

Data	Bobot	Radius	Prediksi Ukuran Telur	Sudut Servo
1	69,03 gram	4,01 cm	Sedang	30°
2	80,91 gram	5,21 cm	Besar	60°
3	68,22 gram	4,22 cm	Sedang	30°
4	75,95 gram	5,31 cm	Besar	60°
5	68,3 gram	4,94 cm	Sedang	30°
6	55,48 gram	5,17 cm	Sedang	30°
7	55,38 gram	3,94 cm	Kecil	1°
8	68,98 gram	4,33 cm	Sedang	30°
9	69,34 gram	4,11 cm	Sedang	30°
10	94,16 gram	5,56 cm	Besar	60°

Dari kesepuluh data yang diuji, dimana diantara data tersebut terdapat telur berukuran besar sebanyak 3 data, ukuran sedang sebanyak 6 data, dan ukuran data sebanyak 1 data. Sudut servo menunjukkan letak dari telur setelah disortir oleh robot. Prediksi ukuran telur didapat dari perhitungan dengan metode fuzzy logic Pengujian fuzzy logic ini menggunakan FIS Editor. Garis berwarna biru untuk variabel ringan, hijau untuk sedang dan merah untuk berat pada input bobot.

Tabel 4. Validasi Data Fuzzy Logic

Bobot Telur	Diameter Telur	Prediksi Ukuran Telur		
		Manual	Simulasi FIS Editor	Program Python
35 g	3,3 cm	125,172	125,172	125,172
50 g	4,7 cm	144,705	144,706	144,705
80 g	5,5 cm	170	170	170,0



Gambar 11. Grafik Perbandingan Prediksi Ukuran Telur

Dari hasil pengujian ini didapat data pada tabel 4.9 dimana pada tabel tersebut dilakukan pengujian dengan 3 data yang berbeda, Pengujian dilakukan dengan membandingkan perhitungan manual dan perhitungan pada simulasi FIS Editor dan simulasi Python

### E. Pengujian Akurasi Data

Adapun pengujian akurasi data dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Pengujian Akurasi Data

No	Bobot		Radius		Hasil
	Manual	Sensor Load Cell	Manual	Kamera	
1	70 gr	69,96 gr	4,3 cm	4,20 cm	Sedang
2	70 gr	69,92 gr	4,3 cm	4,23 cm	Sedang
3	70 gr	69,71 gr	4,3 cm	4,25 cm	Sedang
4	70 gr	69,81 gr	4,3 cm	4,22 cm	Sedang
5	70 gr	69,44 gr	4,3 cm	4,22 cm	Kecil
6	70 gr	69,77 gr	4,3 cm	4,28 cm	Sedang
7	70 gr	69,81 gr	4,3 cm	4,26 cm	Sedang
8	70 gr	69,80 gr	4,3 cm	4,22 cm	Sedang
9	70 gr	69,77 gr	4,3 cm	4,26 cm	Sedang
10	70 gr	69,90 gr	4,3 cm	4,21 cm	Sedang

Pada tabel 4 merupakan tabel hasil pengujian dari data sebanyak 10 telur berukuran sedang. Sehingga dari data pengujian pada tabel tersebut dapat dihitung akurasi sistemnya yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi Sistem} &= \frac{\text{Jumlah data pengujian benar}}{\text{jumlah total data pengujian}} \times 100 \% \\
 &= \frac{9}{10} \times 100\% \\
 &= 90\%
 \end{aligned}$$

### V. KESIMPULAN

Robot sudah dapat menyortir telur berdasarkan ukuran fisik dan bobot dari telur, hal ini dibuktikan dengan rata-rata error yang di peroleh yaitu 0,0135 untuk diameter dari ukuran fisik telur dan 0,002543333 untuk bobot dari telur yang disortir.

Arduino Uno dan Raspberry Pi bekerja sebagaimana fungsinya. Arduino Uno pada robot penyortir difokuskan untuk mengelolah data bobot telur sedangkan Raspberry Pi difokuskan untuk mengelolah data jari-jari telur, dimana dari masing-masing bobot dan jari-jari memiliki variabel linguistik kecil, sedang, dan besar. Bobot pada telur berkisar antara 30 gram sampai 90 gram sedangkan untuk jari-jari berkisar antara 3 cm sampai 6 cm.

Penerapan fuzzy logic pada robot berjalan dengan baik, hal ini dibuktikan robot dapat membedakan kategori telur yang ditunjukkan pada fungsi keluaran singleton, dimana kategori telur besar berada pada sudut 1° dengan fungsi

keanggotaan 120, sedang 30° dengan fungsi keanggotaan 150, dan kecil 60° dengan fungsi keanggotaan 180

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. F. Zaky, T. Elektronika, and F. Teknik, "Protoype dan Implementasi Penyortir Telur dengan menggunakan Logika Fuzzy pada Manipulator 6- Degree of Freedom," J. Elektron. Pendidik. Tek. Elektron., vol. 9, pp. 1–9, 2017.
- [2] S. Suharyanto, N. B. Sulaiman, C. K. N. Zebua, and I. I. Arief, "Kualitas Fisik, Mikrobiologis, dan Organoleptik Telur Konsumsi yang Beredar di Sekitar Kampus IPB, Darmaga, Bogor," J. Ilmu Produksi dan Teknol. Has. Peternak., vol. 4, no. 2, pp. 275–279, 2016.
- [3] M. A. Vebriani, "Implementasi Logika Fuzzy Pada Robot Mobile Berkamera Pengikut Objek," 2017.
- [4] Nurfitriana, "Perancangan Robot Lengan Mobile Pendeteksi Warna," J. Chem.Inf. Model., 2016.
- [5] prima asmara Sejati and A. Susanto, "Rancang Bangun Purwarupa Klasifikasi Warna Objek Menggunakan Robot Lengan 4-Dof," JST (Jurnal Sains dan Teknol., vol. 6, no. 2, p. 290, 2017.
- [6] A. Yulianto, A. Salim, and E. S. Bukardi, "Implementasi Metode Fuzzy Logic Controller Pada Kontrol Posisi Lengan Implementasi Metode Fuzzy Logic Controller Pada Kontrol Posisi Lengan Robot 1 DOF," Civ. Electr. Eng. J., vol. 9, no. December 2014, 2016.
- [7] M. Dr. Raden Supriyanto Hustinawati, SKom., Sk. Rigathi Widya Nugraini, SKom. Ary Bima Kurniawan, ST., MT. Yogi Permadi, Sk. Abdurachman Sa'ad, and Jurusan, "Robotika," in Buku Ajar Robotika, 2010, pp. 1–13.
- [8] [8] Rendyansyah and A. P. P. Prasetyo, "Simulasi Robot Manipulator 4 DOF Sebagai Media Pembelajaran dalam Kasus Robot Menulis Huruf," J. Nas. Tek. Elektro, vol. 5, no. 3, p. 339, 2016.
- [9] M. Rahmawan, Andy and Munadi, Dr. Eng. ST, "Optimasi Gripper Dua Lengan dengan Menggunakan Metode Genetic Algorithm pada Simulator Arm Robot 5 DOF (Degree of Freedom)," J. Tek. Mesin S-1, vol. 1, pp. 5–16, [10]
- [10] F. Umam, "ESTIMASI JARAK DAN POSISI ORIENTASI OBJEK MENGGUNAKAN STEREO CAMERA DAN KALMAN FILTER," Estimasi Jarak Dan Posisi Orientasi Objek Menggunakan Stereo Camera Dan Kalman Filter, 2012.
- [11] Abdurahman, Sutarno, Rossi Passarella, Yosef Prihanto, Rudy A.G Gultom, "System Design of Iris Ring Detection Using Circular Hough Algorithm for Iris Localization", Proceedings of the Sriwijaya International Conference on Information Technology and Its Applications, 2020
- [12] Sutarno, Abdurahman, Rossi Passarella, Yosef Prihanto, Rudy A.G Gultom, "Mathematical Implementation of Circle Hough Transformation Theorem Model Using C# For Calculation Attribute of Circle", Proceedings of the Sriwijaya International Conference on Information Technology and Its Applications, 2020
- [13] Abdurahman, G Harsono, Yosef Prihanto, Rudy A.G Gultom, "Implementation of Support Systems for Determination of Amphibious Vehicle Landing in Disaster Emergency Response Using Fuzzy Takagi Sugeno", Journal of Physics: Conference Series, Vol 1577, 2020