

## Model Kalkulasi Jarak pada Proses Deteksi Bola Menggunakan Metode *Color-Block Detection*

Muhammad Noor Hifzi<sup>1</sup>, Budi Rahmani<sup>2\*</sup>

Program Studi Teknik Informatika, STMIK Banjarbaru, Banjarbaru, Indonesia

\*e-mail *Corresponding Author*: budirahmani@gmail.com

### Abstract

*The wheeled soccer robot of STMIK Banjarbaru has demonstrated a pretty good design. However, it needs to improve its vision system due to the limited capabilities of its Pixy camera, while other robots have already adopted webcams. The limited vision system has been the primary focus of the conducted research. The Logitech C270 webcam is employed as the primary sensor for distance measurement, and it is computed by a laptop using Python with a block color detection method. Testing is conducted to measure various predetermined distances to assess the accuracy of each group. The effectiveness of using the webcam for the robot is also evaluated. The test results reveal that distance measurement accuracy for objects larger than 50 cm reaches 85.42%. For distances of 40 cm or more, it reaches 82.65%, and for distances of 25 cm or more, it reaches 77.78%. The tested algorithm is suitable for measuring distances of objects larger than 50 cm. Moreover, based on the testing, the system can detect objects up to 100 cm in a straight line in front of the robot.*

**Keywords:** Robot soccer; Optimization; Webcam; Color block;

### Abstrak

Robot sepak bola beroda STMIK Banjarbaru telah menunjukkan desain yang cukup baik namun memiliki kelemahan pada sistem vision dengan masih digunakannya kamera *pixy* yang terbatas kemampuannya, sedangkan robot lain telah menggunakan *webcam*. Hal inilah yang menjadi fokus penelitian yang telah dilakukan. *Webcam logitech C270* digunakan sebagai sensor utama untuk pengukuran jarak, dan dikomputasi oleh sebuah laptop menggunakan bahasa *Python* dengan metode *block color detection*. Pengujian dilakukan untuk mengukur berbagai jarak yang ditentukan guna melihat akurasi tiap kelompoknya. Kemudian akan diketahui pula efektifitas penggunaan webcam untuk robot. Hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi pengukuran jarak benda yang lebih besar dari 50 cm mencapai 85,42%, untuk jarak 40 cm atau lebih mencapai 82,65%, dan untuk jarak 25 cm atau lebih mencapai 77,78%. Algoritme yang diujikan cocok untuk pengukuran jarak benda yang lebih besar dari 50 cm. Dan berdasarkan pengujian, sistem juga dapat membaca objek hingga 100 cm dalam garis lurus di depan robot.

**Kata kunci:** Robot pemain bola; Optimalisasi; Kamera web; Color block;

### 1. Pendahuluan

Di Indonesia, perkembangan dunia robotika telah berkembang sangat pesat. Salah satu wadah perkembangan teknologi robotika di bidang pendidikan adalah dengan adanya Kontes Robot Indonesia. Kontes Robot Indonesia adalah kegiatan kompetisi rancang bangun dan rekayasa dalam bidang robotika yang diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. Tahun 2020 ini, Kontes Robot Indonesia kembali diselenggarakan. Kontes Robot Indonesia (KRI) 2020 memasuki tahun ke-18 sejak pertama kali diadakan pada tahun 2003 di bawah Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan pada saat itu. Kontes Robot Indonesia diadakan setiap tahun sekali, dengan berbagai divisi didalamnya [1][2].

Baganding adalah tim robot sepakbola beroda dalam Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) dari STMIK Banjarbaru. Terbentuk pada tahun 2015 tim ini terdiri dari dosen dan mahasiswa. Pada awalnya tim ini dikhususkan pada pengembangan robot beroda yang mengikuti Kontes Robot Indonesia pada divisi Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) beroda pada tahun 2014. Setiap tahun aturan pertandingan pada divisi robot beroda semakin berkembang, pada tahun 2017 divisi beroda pemadam api diganti menjadi divisi sepak bola

beroda sehingga perlu adanya riset yang lebih mendalam agar robot yang dikembangkan mampu mengikuti perkembangan pertandingan tersebut [3][4].

Perkembangan terbaru dari robot soccer atau robot sepak bola khususnya divisi beroda dibandingkan dengan divisi beroda sebelumnya adalah robot sepak bola harus memanfaatkan teknologi *Computer Vision* dalam mendeteksi objek-objek seperti bola, gawang, dan robot kawan maupun lawan. Diantara momen-momen yang harus bisa ditangkap oleh robot pada saat berada di arena adalah momen keberadaan bola, baik posisi, jarak, ada tidaknya robot lawan, dan boleh tidaknya melakukan tendangan serta kapan itu harus dilakukan. Permasalahan yang timbul adalah bagaimana kesemua momen itu bisa dideteksi, dianalisis, dan kemudian dapat diputuskan apa yang harus dilakukan oleh robot. Penelitian ini memberikan informasi mengenai parameter yang tepat dan juga efektif pada proses deteksi keberadaan dan juga posisi bola, serta proses perintah gerak robot beroda pemain bola dengan menggunakan *Logitech C270HD Webcam* [2][5][6].

## 2. Tinjauan Pustaka

Secara umum, pengukuran jarak objek berdasarkan blok warna dapat menjadi alternatif yang efektif untuk pengukuran jarak menggunakan sensor atau teknologi lainnya. Namun, akurasi pengukuran tergantung pada ketepatan pengenalan blok warna dan ukuran blok warna yang digunakan sebagai acuan. Pengukuran jarak objek berdasarkan blok warna adalah metode yang menggunakan blok-blok warna sebagai acuan untuk mengukur jarak objek. Metode ini sering digunakan dalam robotika, pemetaan ruang, dan aplikasi lain yang memerlukan pengukuran jarak yang akurat [7] [8] [9].

Penelitian sebelumnya menggunakan kamera *pixy cmucam 5* sebagai sensor utama pada robot pemain bola tentang perancangan robot agar mampu bergerak secara otomatis dan memiliki kecerdasan lebih dalam mendeteksi letak bola dan arah gawang. Robot ini pada umumnya memiliki 4 gerakan dasar dalam berjalan yaitu maju, mundur, putar kiri dan putar kanan. Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan pembacaan *maxarea* 4500 dan *minarea* 3100 dan jarak 10-20 cm adalah jarak ideal dikarenakan waktu pengujian pertama 0,2 detik lebih cepat dan Pembacaan *xmin* 140 dan *xmax* 180 adalah jarak ideal dikarenakan waktu lebih cepat yaitu 0,3 dan 0,4 [10] [11]–[14].

Proses keputusan arah gerak robot beroda berdasarkan blok warna objek dengan kamera *pixy cmucam 5*, pengukuran jarak dan pengambilan keputusan arah gerakan robot beroda yang telah diuji menunjukkan hasil yang cukup baik. Namun demikian pada praktiknya masih didapati kendala noise atau derau warna dari lingkungan sekitar kamera. Perlu dicari metode atau algoritma yang dapat meminimalkan derau warna yang dapat mempengaruhi proses pengukuran jarak dan pengambilan keputusan arah gerakan robot berbasis *color-block* [14].

Penelitian yang di kemukakan oleh [15] pada tahun 2018 tentang Implementasi Metode filter warna HSV (*Hue, Saturation, Value*) pada sistem *vision* robot sepakbola beroda dapat mendeteksi objek bola berwarna orange pada hasil video kamera *webcam*. Salah satu permasalahan yang masih dikembangkan sampai saat ini adalah bagaimana robot mampu mendeteksi bola menggunakan sensor kamera (*webcam*). Deteksi bola merupakan salah satu langkah awal dalam menentukan aksi selanjutnya robot sepakbola beroda seperti mengejar, menggiring, dan menendang bola. Karena bola yang digunakan pada pertandingan berwarna *orange* maka pada penelitian ini dikembangkan pendeteksian bola menggunakan metode filter warna pada ruang warna HSV (*Hue, Saturation, Value*). Ruang warna ini digunakan karena representasi derajat warna hanya menggunakan channel H sehingga akan sangat memudahkan kalibrasi pada saat robot akan bertanding. Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan dengan berbagai skenario pengujian didapatkan hasil robot mampu mendeteksi bola dengan nilai akurasi pada uji coba jarak sebesar 100% [15] [16].

Penelitian tentang Analisa dari pengujian akurasi pendeteksian jarak, akurasi pendeteksian sudut, dan waktu komputasi dengan menggunakan metode *Hough Circle Transformation*, disimpulkan bahwa perancangan sistem deteksi jarak bola ini dilakukan dengan menempatkan kamera 38 cm diatas permukaan dari lapangan dan dengan titik 0 cm adalah 2 cm dibelakang dari titik tegak lurus kamera terhadap lapangan pertandingan [17]. Pengimplementasian sistem deteksi jarak bola ini tidak selalu menghasilkan jarak yang akurat. Hal ini disebabkan pencahayaan yang kurang terang dan nilai *pixel* pada *frame* yang selalu berubah sehingga hasil *Hough Circle Transformation* pun tidak stabil sehingga nilai jarak yang

dihasilkan tidak tetap pada suatu nilai. Sudut pandang kamera dengan akurasi pendeteksian jarak dan sudut arah bola terbaik adalah 47,20 dengan akurasi perhitungan jarak bola adalah 97,69 % dan akurasi perhitungan sudut arah bola adalah 94,69 %. Rata-rata waktu komputasi sistem ini adalah 158,54 ms [17][16].

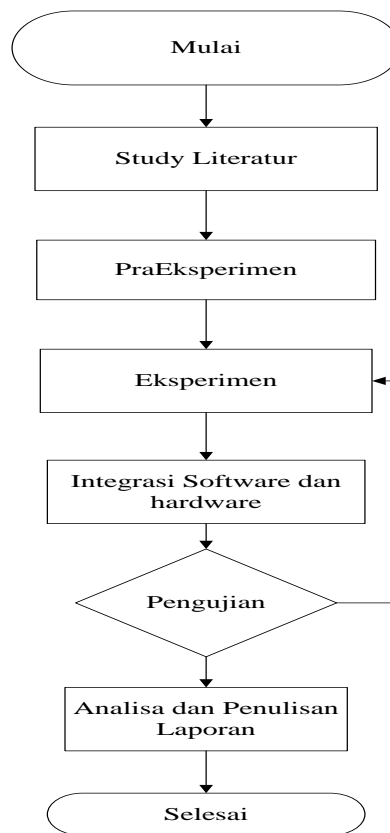
Rahmani et al., pada tahun 2017 juga mengemukakan penelitian tentang proses pembacaan data hasil deteksi objek dengan blok warna tertentu. Dalam hal ini, objeknya adalah bola tenis berwarna orange dan menggunakan *Pixy CMUcam5* yang terhubung ke Arduino Nano dengan *mikrokontroler* berbasis ATmega328. Data dari Arduino nano dibaca ulang dan ditampilkan untuk memastikan objek orange terdeteksi atau tidak. Dengan proses ini akan diketahui secara pasti berapa blok warna objek yang terdeteksi, termasuk kordinat X dan Y dari objek tersebut. Kompleksitas algoritma yang digunakan dalam prosesnya membaca hasil pendeteksian objek berwarna *orange* [18].

Penelitian ini melakukan pengujian deteksi jarak antara bola dan robot yang pengujiannya dilakukan secara manual, maksud dari manual perhitungan jarak hanya dengan melihat dan di ukur menggunakan meteran. Perbandingan hasil pengukuran manual dari hasil kalkulasi oleh sistem akan memperlihatkan hasil berupa akurasi komputasi pengukuran mana yang terbaik. Adapun algoritme yang digunakan pada penelitian ini dan membedakannya dengan penelitian sebelumnya adalah resolusi citra yang digunakan yaitu sebesar 1280x720 piksel. Kemudian juga dikombinasikan dengan proses pengendalian motor DC melalui serial ke port dari laptop ke arduino board. Dalam hal ini algoritme yang dibangun sudah dirancang bahwa robot akan mengikuti arah dari bola dengan warna tertentu yang diprogramkan dan dideteksi menggunakan kamera web yang digunakan.

### 3. Metodologi

Penelitian ini dibatasi pada proses pengujian pendeteksian bola menggunakan *webcam* dengan urutan langkah penelitian yaitu:

- a. Perancangan penelitian
  - 1) Diagram alir penelitian

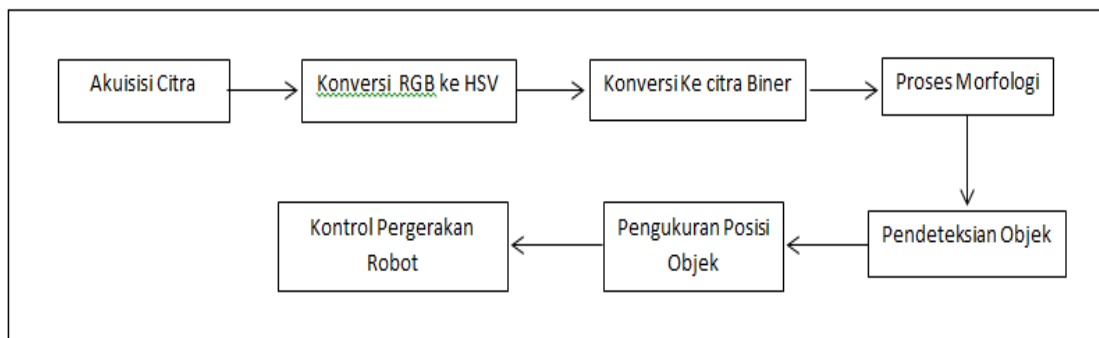


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Studi literatur dilakukan untuk memahami hal ihwal aturan dari Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) Divisi Beroda. Kemudian juga terkait sistem pengendalian motor DC berbasis mikrokontroler dan bagaimana sistem pemrograman menggunakan *Pycharm* [19]. Selanjutnya pada bagian pra eksperimen, dilakukan proses perakitan robot beroda beserta rangkaian elektronika pendukungnya. Sedangkan pada bagian eksperimen dilakukan proses pengujian pengujian kinerja webcam, driver motor, dan motor DC baik secara hardware dan juga berdasarkan program pengendalinya (integrasi keduanya). Selanjutnya hasil pengujian dicatat dan dilakukan analisis. Keseluruhan rancangan ataupun diagram alir penelitian diperlihatkan pada Gambar 1.

## 2) Diagram alir *algoritme* usulan

*Gambar 2* menunjukkan diagram *vision* pada robot ini yang merupakan fokus utama. Blok *vision* disini mengambil citra dari arena lapangan dan mengolahnya sehingga didapatkan informasi posisi objek bola terhadap robot.



Gambar 2 Diagram *Algoritme*

Adapun *pseudocode* atas algoritme yang diusulkan diperlihatkan berikut ini:

```

import cv2
import numpy as np
import pyfirmata
def nothing(x):
    pass

distance = 0
cap = cv2.VideoCapture(1)
font = cv2.FONT_HERSHEY_COMPLEX           ##Font style for writing text
on video frame
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH, 1280)  ##Set camera resolution
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, 720)
Kernal = np.ones((3, 3), np.uint8)

state_s, state_y = False, False
motor_a_pin = 2
motor_b_pin = 4
motor_c_pin = 6
motor_a_speed_pin = 3
motor_b_speed_pin = 5
motor_c_speed_pin = 7
port = "/dev/cu.usbserial-A50285BI"
board = pyfirmata.Arduino(port)

while(1):
    ret, frame = cap.read()           ##Read image frame
    frame = cv2.flip(frame, +1)       ##Mirror image frame
    if not ret:                       ##If frame is not read then exit
        break
  
```

```

if cv2.waitKey(1) == ord('s'): ##While loop exit condition
    break
frame2 = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)          ##BGR to HSV
lb = np.array([153, 119, 212])
ub = np.array([255, 255, 255])

mask = cv2.inRange(frame2, lb, ub)                      ##Create Mask
cv2.imshow('Masked Image', mask)

opening = cv2.morphologyEx(mask, cv2.MORPH_OPEN, Kernal)
##Morphology
cv2.imshow('Opening', opening)

res = cv2.bitwise_and(frame, frame, mask= opening)      ##Apply
mask on original image
cv2.imshow('Resuting Image', res)

contours, hierarchy = cv2.findContours(opening, cv2.RETR_TREE, ##Find
contours
                                cv2.CHAIN_APPROX_NONE)

board.digital[motor_a_pin].write(1)
board.digital[motor_b_pin].write(1)
board.digital[motor_c_pin].write(1)
board.digital[motor_a_speed_pin].write(0)
board.digital[motor_b_speed_pin].write(0)
board.digital[motor_c_speed_pin].write(0)
if len(contours) != 0:
    cnt = contours[0]
    area = cv2.contourArea(cnt)

    if (area > 100):

        M = cv2.moments(cnt)
        Cx = int(M['m10'] / M['m00'])
        Cy = int(M['m01'] / M['m00'])
        distance = 0.0003 * (Cy ** (2)) - (0.3178 * Cy) + 103.53
        ##S = 'Location of object:' + '(' + str(Cx) + ',' + str(Cy) + ')'
        ##cv2.putText(frame, S, (5, 50), font, 2, (0, 0, 255), 2,
cv2.LINE_AA)
        ##S = 'Area of contour: ' + str(area)
        ##cv2.putText(frame, S, (5, 50), font, 2, (0, 0, 255), 2,
cv2.LINE_AA)
        S = 'Distance Of Object: ' + str(distance)
        cv2.putText(frame, S, (5, 50), font, 2, (0, 0, 255), 2, cv2.LINE_AA)
        cv2.drawContours(frame, cnt, -1, (0, 255, 0), 3)

    if distance > 30:
        board.digital[motor_a_pin].write(1)
        board.digital[motor_b_pin].write(0)
        board.digital[motor_c_pin].write(0)
        board.digital[motor_a_speed_pin].write(0)
        board.digital[motor_b_speed_pin].write(0)
        board.digital[motor_c_speed_pin].write(1)
    if distance < 30:
        board.digital[motor_a_pin].write(0)
        board.digital[motor_b_pin].write(0)
        board.digital[motor_c_pin].write(0)
        board.digital[motor_a_speed_pin].write(0)
        board.digital[motor_b_speed_pin].write(0)
        board.digital[motor_c_speed_pin].write(0)

##Lets Detect a red ball

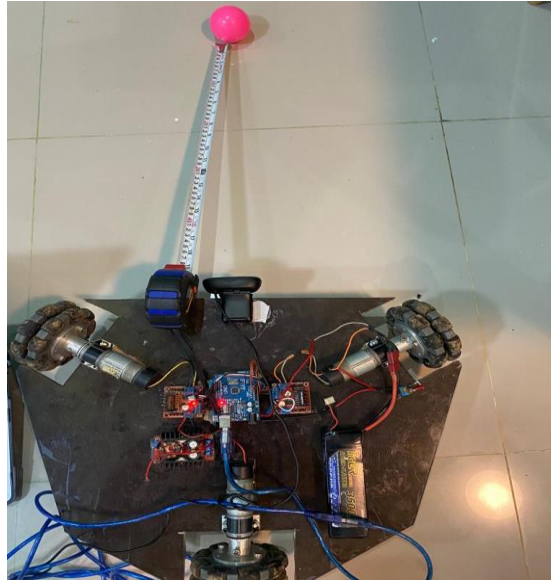
```

```
cv2.imshow('Original Image', frame)

cap.release()          ##Release memory
cv2.destroyAllWindows() ##Close all the windows
```

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Hasil Implementasi Tampilan Alat

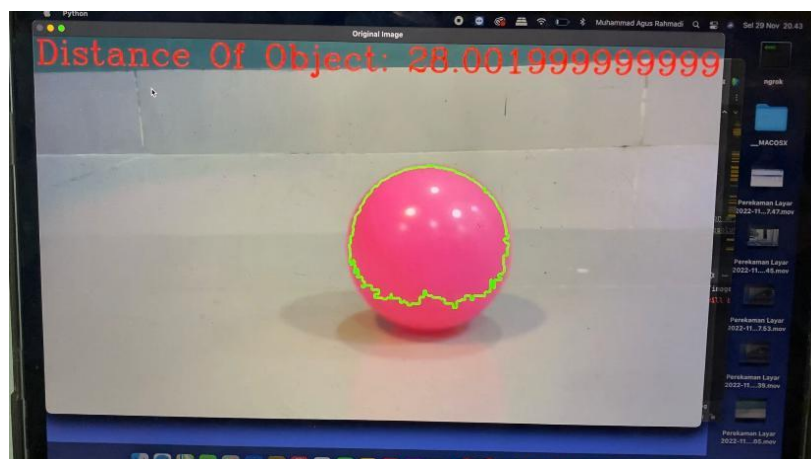


Gambar 3 Hasil Implementasi Tampilan Alat

Gambar 3 merupakan hasil dari tampilan alat robot sepak bola beroda beroda dengan sensor *webcam logitech c270* ini memiliki spesifikasi menggunakan sumber tegangan dari *battery LiPo 12V*, *mikrontroller* menggunakan *arduino uno*, dan pendeteksian objek menggunakan *webcam*.

##### 4.2 Hasil Implementasi Tampilan Webcam

###### 1) Tampilan Webcam Terdekat



Gambar 4 Tampilan Webcam Terdekat

Gambar 4 merupakan hasil pengujian pendeteksian yang dilakukan oleh robot, tiap *frame* gambar di ambil mulai dari jarak terdekat hingga terjauh pada robot beroda.

2) Tampilan *Webcam* TerjauhGambar 5 Tampilan *Webcam* Terjauh

Gambar 5 merupakan hasil pengujian pendeteksian yang dilakukan oleh robot, tiap *frame* gambar di ambil mulai dari jarak terdekat hingga terjauh pada robot beroda.

## 5 Pembahasan dan Pengujian

## 1) Pengujian Pengukuran Deteksi Jarak Robot-Bola secara Manual

Pengujian ini merupakan pengujian deteksi jarak antara bola dan robot yang pengujiannya dilakukan secara manual, maksud dari manual perhitungan jarak hanya dengan melihat dan di ukur menggunakan meteran.

Tabel 1. Pengujian Akurasi Deteksi Jarak Bola

Pengujian ke-	Jarak Bola	Height (Pixel)	Width (pixel)	Ukuran Blok warna (pixel)
1	103	114	117	13338
2	100	118	119	14042
3	97	121	120	14520
4	94	122	120	14640
5	91	121	125	15125
6	88	127	129	16383
7	85	130	134	17420
8	82	140	145	20300
9	79	148	150	22200
10	76	148	151	22348
11	73	147	148	21756
12	70	149	151	22499
13	67	151	153	23103
14	64	152	154	23408
15	61	152	153	23256
16	58	151	159	24009
17	55	152	161	24472
18	52	151	168	25368
19	49	153	170	26010
20	46	153	181	27693

Pengujian ke-	Jarak Bola	Height (Pixel)	Width (pixel)	Ukuran Blok warna (pixel)
21	43	154	176	27104
22	40	153	191	29223
23	37	155	201	31155
24	34	156	204	31824
25	31	154	209	32186
26	28	152	209	31768
27	25	150	212	31800
28	22	148	219	32412
29	19	145	221	32045
30	16	145	222	32190
31	13	141	235	33135
32	10	141	237	34015
33	7	138	241	35181
34	5	137	245	36023

## 2) Pengujian Pengukuran Jarak Robot-Bola Oleh Sistem

Pengujian ini merupakan pengujian jarak bola yang di lakukan oleh sistem

Tabel 2 Pengujian Akurasi Deteksi Bola

Pengujian Ke-	Tinggi Kamera	Jarak Pengukuran (cm)	Hasil (cm)
1	5	103	112
2	5	100	110
3	5	97	107
4	5	94	104
5	5	91	102
6	5	88	99
7	5	85	96
8	5	82	94
9	5	79	91
10	5	76	88
11	5	73	86
12	5	70	83
13	5	67	81
14	5	64	78
15	5	61	76
16	5	58	73
17	5	55	71
18	5	52	69
19	5	49	67
20	5	46	64
21	5	43	62
22	5	40	60
23	5	37	58
24	5	34	56



Pengujian Ke-	Tinggi Kamera	Jarak Pengukuran (cm)	Hasil (cm)
25	5	31	55
26	5	28	53
27	5	25	51
28	5	22	50
29	5	19	49
30	5	16	48
31	5	13	47
32	5	10	46
33	5	7	45
34	5	5	44

3) Analisa Perbandingan Hasil Pengukuran Deteksi Robot-Bola  
 Analisa akurasi hasil pengukuran sangat di perlukan guna melihat perbandingan antara pengukuran secara manual dan yang di lakukan oleh sistem itu sendiri, dari analisa ini juga dapat di ambil kesimpulan dari penelitian ini.

Tabel 3 Hasil Akurasi Deteksi Robot-Bola

Pengujian ke -	Jarak Pengukuran Manual(cm)	Jarak Pengukuran Sistem (cm)	Akurasi
1	103	112	91.26%
2	100	110	91.19%
3	97	107	90.71%
4	94	104	90.20%
5	91	102	89.64%
6	88	99	89.03%
7	85	96	88.38%
8	82	94	87.67%
9	79	91	86.89%
10	76	88	86.05%
11	73	86	85.13%
12	70	83	84.12%
13	67	81	83.01%
14	64	78	81.80%
15	61	76	80.47%
16	58	73	79.01%
17	55	71	77.40%
18	52	69	75.62%
19	49	67	73.65%
20	46	64	71.48%
21	43	62	69.09%
22	40	60	66.44%
23	37	58	63.51%
24	34	56	60.28%
25	31	55	56.73%
26	28	53	52.83%
27	25	51	48.56%
28	22	50	43.92%

Pengujian ke -	Jarak Pengukuran Manual(cm)	Jarak Pengukuran Sistem (cm)	Akurasi
29	19	49	38.90%
30	16	48	33.50%
31	13	47	27.75%
32	10	46	25.35%
33	7	45	23.62%
34	5	44	21.91%

Tabel 1,

Tabel 2,dan Tabel 3 menunjukkan kesimpulan yang signifikan, tabel tersebut memberikan informasi mengenai perbandingan antara perhitungan jarak robot-bola baik secara manual maupun oleh sistem.

Dengan rumus akurasi =  $1 - \left( \frac{\text{jarak pengukuran sistem} - \text{jarak pengukuran manual}}{\text{jarak pengukuran manual}} \right) * 100\%$

Contoh =  $1 - \left( \frac{112 - 103}{103} \right) = 1 - 0.0873 = 0.9126 * 100\% = 91.26\%$

Pada penelitian sebelumnya [20], pengukuran jarak menggunakan metode serupa yaitu *block color*, telah dapat diukur jarak minimal 51 cm. Sedangkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa jarak minimal yang dapat diukur dengan akurasi 77,78 % adalah 25 cm s.d. 40 cm. Hasil ini tentu saja menjadi sebuah peningkatan yang cukup baik, terlebih lagi jika jarak pengukuran objek bolanya adalah lebih dari 50 cm. Hasil penelitian ini juga menunjukkan metode *block color* yang oleh penelitian sebelumnya terapkan menggunakan sensor kamera pixy (Pyxy cmucam) juga bisa diterapkan pada sensor kamera web (*webcam*) dengan bahasa program untuk proses komputasinya yang menggunakan phyton.

## 5. Simpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan algoritme yang diusulkan berdasarkan sensor kamera yang digunakan dapat mendeteksi objek sejauh maksimal 100cm. Adapun posisi objek adalah berada pada garis lurus di depan robot. Kondisi cahaya sangat mempengaruhi proses pendeteksian objek bola karena dapat mengubah warna objek tersebut. Hasil pengujian menunjukkan rerata akurasi hasil pengujian untuk jarak benda >50 cm adalah 85.42%, sedangkan untuk jarak benda >=40cm akurasinya adalah 82.65%, dan untuk jarak benda >=25cm akurasinya adalah 77.78%. Berdasarkan hasil pengujian, algoritme yang diujikan cocok untuk pengukuran jarak benda yang lebih besar dari 50cm. Penulis menyarankan menggunakan sensor kamera yang dihadapkan ke arah atas, dengan cermin cembung pada bagian atas kamera dan menghadap ke bawah agar pendeteksian bola menjadi sebesar 360°.

## Daftar Referensi

- [1] Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, "Petunjuk Pelaksanaan Kontes Robot Indonesia (Kri)," *Pus. Prestasi Nas. Kementeri. Pendidik. dan Kebud.*, pp. 6–8, 2020.
- [2] J. Sahertian and M. M. Verlianto, "SISTEM PENDETEKSIAN BOLA PADA ROBOT SEPAKBOLA BERODA BERBASIS FILTER WARNA," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi 2018*, pp. 316–323, 2018.
- [3] B. Rahmani, H. Aprilianto, P. T. Informatika, and S. Banjarbaru, "Model Kendali Multi Kontroler untuk Robot Humanoid dengan 19 Derajat Kebebasan," in *Seminar Nasional KNS&1 STIKOM Bali*, pp. 9–10, 2015.
- [4] A. Priatmoko, A. Susanto, and Priyatmadi, "Penerapan Adaptive PID Controller pada Navigasi Robot Cerdas Pemain Bola Divisi Expert Battle Menggunakan Algoritma LMS," *J. Penelit. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 4, pp. 187–189, 2010.
- [5] R. N. Handika and B. Rahmani, "Sistem Deteksi Arah Gerak Bola Menggunakan Metode Optical Flow pada Robot Goal Keeper Beroda."

- [6] H. D. W. C, "HD Webcam C270," p. 5993.
- [7] B. Rahmani, A. Harjoko, T. K. . K. Priyambodo, and H. Aprilianto, "Research of Smart Real-time Robot Navigation System," in *AIP The 7th SEAMS-UGM Conference 2015*, vol. 1707, pp. 1–8, 2015, doi: 10.1063/1.4940854.
- [8] B. Rahmani, A. Harjoko, T. K. Priyambodo, and H. Aprilianto, "Research of smart real-time robot navigation system," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1707, 2016, doi: 10.1063/1.4940854.
- [9] H. Aprilianto, P. A. W. Handayani, R. Fitriani, and B. Rahmani, "Estimasi Jarak dan Pengambilan Keputusan Arah Gerakan Robot Beroda berbasis Color-Block Menggunakan Kamera Tunggal," in *Prosiding Soliter 2017*, pp. 1–6, 2017.
- [10] A. Deolika and B. A. R, "Rancang Bangun Robot Sepak Bola Beroda Tank Tread Menggunakan Image Sensor," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 5, no. 3, pp. 1–8, 2016.
- [11] A. SIMON, "Implementasi Metode Color Model Filtering Hsv Untuk Mendeteksi Bola Pada Robot Sepak Bola Beroda," no. 2008, pp. 4–16, 2019.
- [12] D. Normalasari, A. Wajiyansyah, and A. B. W. Putra, "Visual Perception Berbasis Camera Pixy Pada Robot Wall Follower," in *Prosiding SAKTI (Seminar Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi)*, 2018, vol. 3, no. 1, pp. 192–198.
- [13] M. I. Moha *et al.*, "Implementasi Kamera 360 Derajat Untuk Mendeteksi Objek Pada Robot Sepak Bola Beroda," *J. Tek. Inform.*, vol. 14, no. 3, pp. 321–328, 2019, doi: 10.35793/jti.14.3.2019.27123.
- [14] H. Aprilianto, P. A. W. Handayani, R. Fitriani, and B. Rahmani, "Model Keputusan Arah Gerakan Robot Beroda Berdasarkan Blok Warna Objek Menggunakan Pixy CMUCAM5 dan Arduino DIECIMILA," *Metik*, vol. 1, no. 2, pp. 8–12, 2017.
- [15] S. N. Rouf Alfian Rifai1, Nasrul Rofiah Hidayati2, "Program studi teknik informatika - universitas pgri madiun | 316," pp. 316–323, 2018.
- [16] A. W. Pradana and D. Irmawati, "Pendeteksi Warna dan Bentuk Bola Pada Robot Penjaga Gawang Menggunakan EmguCV," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. 5, no. 1, pp. 21–31, 2020, doi: 10.21831/elinvo.v5i1.20794.
- [17] T. Manda, A. Triyono, H. Fitriyah, M. Hannats, and H. Ichsan, "Deteksi Jarak Bola Pada Robot Kiper Sepak Bola Menggunakan Hough Circle Transformation Berbasis Raspberry Pi," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 3, no. 2, pp. 8937–8943, 2019.
- [18] B. Rahmani, H. Aprilianto, H. Ismanto, and H. Hamdani, "Distance estimation based on color-block: A simple big-O analysis," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 4, pp. 2169–2175, 2017, doi: 10.11591/ijece.v7i4.pp2169-2175.
- [19] A. Mordvintsev, "OpenCV-Python Tutorials Documentation," 2014.
- [20] B. Rahmani, H. Aprilianto, H. Ismanto, and H. Hamdani, "Distance Estimation based on Color-Block: A Simple Big-O Analysis," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 4, pp. 2169–2175, 2017, doi: 10.11591/ijece.v7i4.pp2169-2175.