

## **Implementasi Sistem Pendeteksi Target Berdasarkan Pengenalan Warna dan Pola untuk Robot Pengikut Bola**

### ***Implementation of Target Detection System Based on Color and Pattern Recognition for Ball Follower Robot***

**Jana Utama, Deden Riki**  
 Universitas Komputer Indonesia  
 Jl. Dipati Ukur No 112, Bandung  
 Email : [jana.utama@email.unikom.ac.id](mailto:jana.utama@email.unikom.ac.id)

#### **Abstrak**

Dalam penelitian ini memaparkan tentang sistem pendeteksi target berupa bola berdasarkan warna dan pola pada sebuah robot *mobile*, sistem pendeteksian tersebut menggunakan kamera sebagai sensor yang akan mendeteksi target, ketika target telah di *capture* maka selanjutnya akan diproses oleh aplikasi *graphical user interface* (GUI) dari MATLAB, GUI akan memproses hasil *capture* kamera dengan menggunakan metode pengolahan citra, dimana metode pengolahan citra ini merupakan proses yang paling penting karena dengan proses pengolahan citra akan diketahui atau dikenali warna serta pola dari bola yang menjadi dasar pendeteksian pada sistem ini, setelah GUI dapat mendeteksi target maka langkah selanjutnya adalah mengirim data hasil pendeteksian tersebut melalui *bluetooth* ke mikrokontroler arduino, setelah mikrokontroler menerima data dari *bluetooth* maka data tersebut diproses untuk selanjutnya menggerakkan aktuator yang akan bergerak mengikuti dimana target berupa bola berada. pengujian sistem dilakukan dengan menguji sistem secara keseluruhan baik melakukan pengujian berdasarkan warna target maupun pengujian berdasarkan pola dari target tersebut. Untuk setiap pengujian pendeteksian target berdasarkan warna dan pola target dilakukan sebanyak 10 kali. Berdasarkan hasil pengujian, sistem pendeteksi ini memiliki keakuratan sebesar 100% pada kondisi cahaya yang baik, selain melakukan pengujian sistem pendeteksi pengujian pun dilakukan dengan mengimplementasikan sistem pendeteksi kepada robot. Berdasarkan pengujian pengimplementasian sistem pendeteksi kepada robot, robot telah mampu mengikuti target dengan cukup baik dengan rata-rata respon waktu tiap pergerakan adalah sebesar 0.645 detik.

**Kata Kunci :** Kamera, Arduino, *Bluetooth* , *Grahical User Interface* (GUI) Matlab, dan Pengolahan Citra.

#### **Absrtact**

*In this study describes about the target-detection system in the form of balls by color and pattern on a mobile robot, the detection system using the camera as a sensor that will detect the target, when the target has been captured then will be processed by the application graphical user interface (GUI) of MATLAB , the GUI will process the captured camera using image processing, image processing method which is the most important process because the process of image processing will be known or recognized by the color and pattern of balls that became the basis of the detection in this system, after the GUI can detect targets then the next step is to send the data of the detection results via bluetooth to a microcontroller arduino, after receiving data from a bluetooth mikrokontroler then the data is further processed to drive the actuator will move to follow the pattern of the ball where the target is located. system testing is done by testing the system as a whole either testing or testing based on color and the pattern of the target. For each test the detection of targets based on the colors and patterns of the target performed 10 times. Based on test results, this detection system has an accuracy of 100% in good light conditions, in addition to testing the detection system testing was done by implementing a detection system to the robot. Based on the implementation of the testing detection system to the robot, the robot was able to follow the target quite well with an average response time of each movement is equal to 0.645seconds.*

**Keywords:** Camera, Arduino, *Bluetooth*, *Grahical User Interface* (GUI) Matlab, and Image Processing.

**I. PENDAHULUAN**

Dalam perkembangannya, robot dapat dikategorikan berdasarkan dengan pergerakan atau perpindahannya, 2 kategori robot tersebut yaitu robot statis dan robot *mobile*. namun dari 2 kategori tersebut robot *mobile* atau *Autonomous Mobile Robot* (AMR) yang paling banyak digunakan atau di aplikasikan di kehidupan sehari-hari. *Autonomous Mobile Robot* (AMR) atau yang dikenal dengan wahana gerak mandiri adalah sebuah robot yang mampu bergerak secara keseluruhan dari satu posisi keposisi lainnya secara mandiri.

Salah satu komponen yang sangat penting yang terdapat pada robot adalah sensor, sensor merupakan komponen yang berfungsi untuk mengenali lingkungan disekitar robot sehingga robot dapat menentukan pergerakan selanjutnya. Terdapat berbagai macam sensor yang biasa digunakan pada AMR untuk mengenali lingkungan sekitar atau untuk mengenali sebuah target, namun pada kenyataannya sensor-sensor yang telah ada belum mampu mengenali suatu objek berdasarkan warna dan pola secara bersamaan, maka dari itu dikembangkan sebuah sistem pendeteksi menggunakan kamera sebagai sensor. Dalam penggunaannya, kamera yang digunakan sebagai sensor memiliki keunggulan dibandingkan dengan sensor yang telah ada, salah satu keunggulannya adalah kamera mampu memvisualisasikan penglihatan manusia, artinya kamera dapat mengenali warna dan pola objek sebagaimana penglihatan manusia. Oleh karena itu peneliti akan merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem pendeteksi target berdasarkan warna dan pola pada robot pengikut bola.

**II. DASAR TEORI**

**A. Visi Komputer (*Computer Vision*)**

Visi Komputer (*Computer Vision*) merupakan salah satu ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana penglihatan manusia dapat diterapkan pada sistem komputer. Sehingga komputer dapat mengenali lingkungan serta objek sekitarnya seperti fungsi penglihatan pada manusia, Visi komputer terbagi menjadi 2 bidang ilmu lain yaitu

1. Pengolahan Citra (*image Processing*)  
 Pengolahan Citra adalah ilmu yang mempelajari bagaimana memperbaiki dan memodifikasi sebuah citra agar dapat menghasilkan

citra yang baik dan mudah dikenali oleh manusia maupun oleh komputer.

2. Pengenalan pola (*Pattern recognition*)

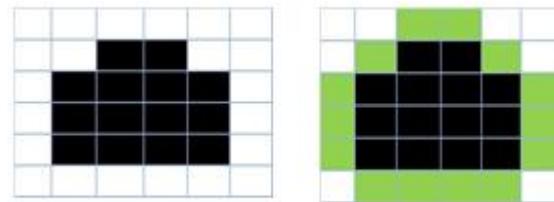
Pengenalan pola adalah salah satu cabang dari *computer vision* yang mempelajari proses pengelompokan data numerik dan simbolik (termasuk citra) secara otomatis, yang berfungsi untuk mengidentifikasi objek dari suatu citra.

**B. Dilasi**

Dilasi merupakan operasi *morphology* yang akan menambahkan piksel pada batasan dari objek dalam suatu citra. operasi ini akan membuat citra hasil dilasinya lebih besar ukurannya dibandingkan dengan citra aslinya. Adapun fungsi dari operasi ini adalah sebagai berikut: jika A dan B adalah anggota  $Z^2$ , dilasi antara A dan B dinyatakan  $A \oplus B$  dan didefinisikan dengan:

$$A \oplus B = \bigcup_{b \in B} A_b \tag{1}$$

dimana himpunan B adalah strel, sedangkan A himpunan (objek citra) yang terdilasi.



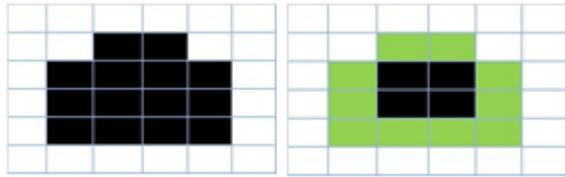
Gambar 1a. Citra Asli, Gambar 1b. Citra Hasil Dilasi [5]

**C. Erosi**

Kebalikan dari operasi dilasi adalah operasi erosi. Dimana proses erosi akan membuat ukuran sebuah citra menjadi lebih kecil. Berbeda dengan dilasi, Operasi erosi akan memindahkan piksel pada batasan-batasan objek yang akan di erosi. Adapun fungsi dari operasi erosi adalah sebagai berikut: jika A dan B himpunan dalam  $Z^2$ , erosi A oleh B dinyatakan dengan  $A \ominus B$ , didefinisikan sebagai:

$$A \ominus B = \bigcap_{b \in B} A_{-b} \tag{2}$$

Persamaan (2) menunjukkan bahwa erosi yang terjadi pada A oleh B menyatakan bahwa kumpulan semua titik di mana B ditranslasikan oleh z di dalam isi A



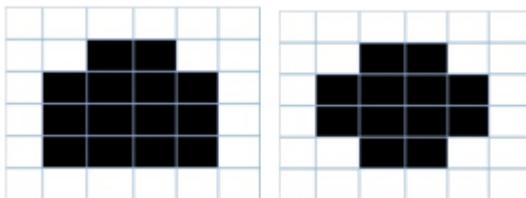
Gambar 2a. Citra Asli , Gambar 2b. Citra Hasil Erosi

**D. Opening**

Opening merupakan kombinasi proses dilasi dan erosi. Operasi opening pada citra dapat memperhalus batas-batas objek, memisahkan objek-objek yang sebelumnya bergandengan, dan menghilangkan objek-objek yang lebih kecil daripada ukuran structuring. Fungsi dari operasi opening dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \dots\dots\dots(3)$$

dimana Operasi opening A oleh B adalah erosi A oleh B, diikuti dengan dilasi hasil tersebut dengan B.



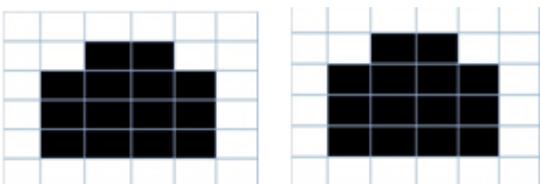
Gambar 3a. Citra Asli Gambar, 3b. Citra Hasil Opening

**E. Closing**

Closing merupakan kombinasi dimana suatu citra akan melalui proses operasi dilasi yang kemudian dilanjutkan dengan erosi. Operasi closing biasanya akan cenderung memperhalus objek pada citra, namun dengan cara menyambung pecahan-pecahan (*fuses narrow breaks and thin gulf*) dan menghilangkan lubang-lubang kecil pada objek. Fungsi operasi closing dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$A \circ B = (A \oplus B) \ominus B \dots\dots\dots(4)$$

dimana opening A oleh B adalah erosi A oleh B, diikuti dengan dilasi hasil tersebut dengan B.



Gambar 4a. Citra Asli , Gambar 4b Citra Hasil Closing

**F. Modul Bluetooth**

Bluetooth adalah sebuah perangkat komunikasi wireless (tanpa kabel) yang beroperasi dalam pita frekuensi 2,4Ghz yang dapat digunakan untuk melakukan komunikasi data seraca *real time* antara *host to host bluetooth* dengan jangkauan yang terbatas



Gambar 5. Modul Bluetooth

**G. Mikrokontroler Arduino Uno**

Arduino Uno adalah mikrokontroler berbasis ATmega328 yang memiliki 14 pin I/O digital D0-D13, 6 pin I/O analog A0-A5, 1 pasang pin serial yang dapat digunakan untuk mengirimkan data, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset.



Gambar 6. Arduino Uno

**H. Motor DC**

Motor DC merupakan jenis motor yang sumber tenaganya menggunakan sumber tegangan searah. Motor DC akan bekerja dengan cara memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut yang membuat motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula.



Gambar 7. Motor DC

**I. Kamera Wireless**

Kamera *Wireless* merupakan komponen utama yang digunakan sebagai alat yang menangkap objek gambar. Resolusi dari kamera merupakan

bagian yang menentukan dari kualitas gambar yang akan dihasilkan. Kamera ini bisa dihubungkan dengan perangkat komputer karena memiliki komunikasi *serial* USB.



Gambar 8. Kamera *Wireless*

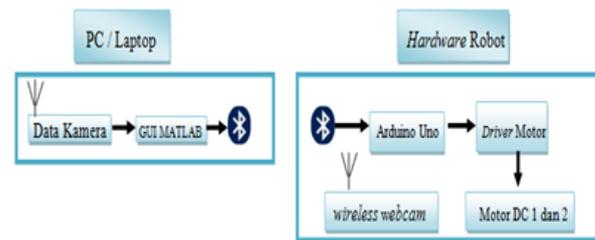
### III. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian yang akan dilaksanakan untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Tinjauan pustaka yaitu untuk mempelajari penelitian-penelitian yang ada.
2. Studi Litelatur Melakukan studi literatur terhadap beberapa referensi yang berkaitan dengan tugas akhir yang dilakukan. Topik-topik yang akan dibahas meliputi : komunikasi serial, mikrokontroler arduino, pengolahan citra, pengenalan pola.
3. Pemilihan dan Pengadaan Komponen melakukan pengamatan dan memeriksa ketersediaan komponen dari segi biaya, dimensi, serta kinerja dari masing-masing komponen yang akan digunakan.
4. Perancangan mekanik robot yang terdiri dari penempatan komponen pada *Autonomous Mobile Robot* (AMR) dan perancangan sistem kendali *Autonomous Mobile Robot* (AMR) pada mikrokontroler.
5. Pembuatan Pembuatan *Guide User Interface* (GUI) dengan MATLAB untuk sistem pendeteksi target.
6. Penggabungan keseluruhan sistem baik *hardware* dan *software* sistem
7. Pengujian dan Analisa yaitu Menganalisa dan menyimpulkan hasil-hasil percobaan dari hasil pengujian, mengambil suatu kesimpulan dan memberi saran pada tugas akhir ini

### IV. PERANCANGAN SISTEM

Pada perancangan sistem akan dibagi menjadi dua, yaitu perancangan perangkat keras dan juga perancangan perangkat lunak. Pada berikut adalah blok diagram dari sistem yang dirancang.



Gambar 9. Blok Diagram Sistem

#### A. Perancangan *Software* Pendeteksi Target

Dalam proses pendeteksian target pada tugas akhir ini menggunakan sebuah *Graphical User Interface* (GUI). GUI adalah sebuah aplikasi dari MATLAB yang mengandung tugas, perintah, atau komponen program yang berfungsi sebagai media bantu pengontrol untuk lebih mempermudah *user* atau pengguna dalam mengoperasikan sebuah program dalam MATLAB.

##### 1) *Capture*

Proses pertama pada sistem pendeteksian ini adalah *capture* atau mengambil gambar dari target dan sekelilingnya, proses ini merupakan awal dari proses selanjutnya dimana gambar yang diambil akan diproses menggunakan metode pengolahan citra untuk mengenali warna dan pola dari target, kualitas gambar dari proses *capture* ini sangat penting untuk sistem pendeteksian karena kualitas gambar dapat mempengaruhi seluruh proses yang dilakukan. Jika kualitas gambar yang dihasilkan kurang baik maka sistem dapat mendeteksi target lain selain bola atau dengan kata lain akan banyak *noise* yang terdeteksi oleh sistem, maka dari itu kamera yang digunakan harus mempunyai kualitas yang baik agar gambar yang dihasilkanpun berkualitas baik pula.



Gambar 10. Citra hasil *capture*

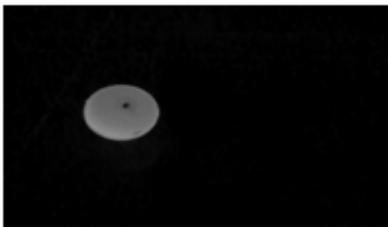
##### 2) *Ekstraksi warna*

Ekstraksi warna adalah proses untuk memisahkan komponen warna yang terdapat pada citra hasil *capture*, pada proses ini komponen warna dari citra hasil *capture* akan dipisahkan menjadi tiga komponen warna utama yaitu *red*,

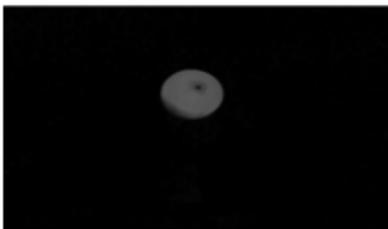
*green* dan *blue* (RGB), hal ini bertujuan untuk dapat mengenali warna dari target yang dideteksi, proses ekstraksi warna ini merupakan proses awal pada proses pengenalan warna.



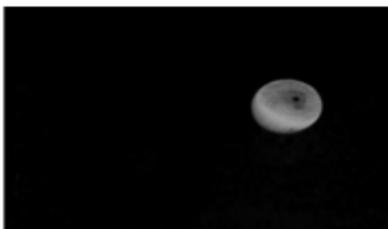
Gambar 11a. Citra Asli



Gambar 11b. Ekstraksi komponen merah



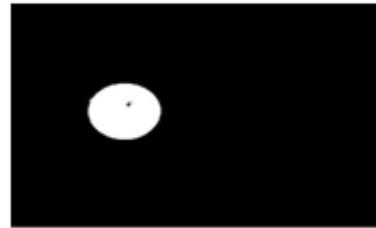
Gambar 11c. Ekstraksi komponen hijau



Gambar 11d. Ekstraksi komponen biru

### 3) Thersholding

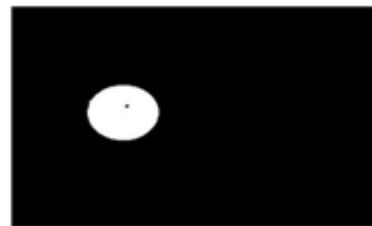
Pada tahap *thresholding* ini citra yang telah di ekstraksi kemudian diberi nilai *threshold* dimana nilai *threshold* ini berfungsi untuk menentukan derajat keabuan dari piksel-piksel citra yang terdapat pada target tersebut, sehingga warna yang dapat terdeteksi adalah warna dengan piksel yang telah diatur, untuk nilai *threshold* maksimum dari 3 warna utama yang di ekstrak tersebut berkisar antara 222-255.



Gambar 12. Citra hasil *threshold*

### 4) Filter

Setelah citra di *threshold* proses selanjutnya adalah melakukan proses filter dimana proses ini berfungsi untuk menghaluskan citra hasil *threshold*.



Gambar 13. Citra hasil proses filter

### 5) Morphology

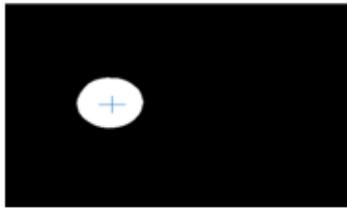
Setelah melakukan filter proses selanjutnya adalah melakukan *morphology*, operasi *morphology* yang dilakukan pada sistem pendeteksian ini adalah *filling* dimana fungsi dari operasi ini adalah melakukan pengisian pada bagian dalam atau tengah target sehingga menghasilkan segmen target yang tidak berlubang dan solid.



Gambar 14. Citra hasil proses *filling*

### 6) Penentuan Titik Tengah Target

Penentuan titik tengah ini dilakukan berdasarkan piksel-piksel yang telah terhubung satu sama lain melalui proses *morphology* dimana piksel-piksel tersebut memiliki jumlah kolom dan baris, dari jumlah kolom dan baris tersebut kemudian dicari *mean* atau titik tengah dari setiap kolom dan baris, proses ini sangat penting untuk proses selanjutnya karena dari proses ini dapat diketahui kordinat atau letak dari target.



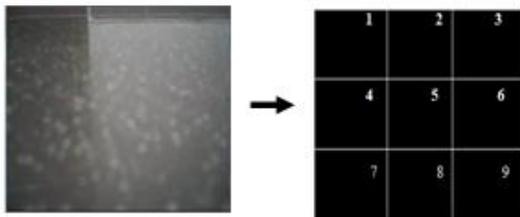
Gambar 15. Titik tengah pada target ditandai dengan tanda plus



Gambar 17. Proses Pengenalan Pola

7) *Pembagian Segmen*

Proses pembagian segmen sangat diperlukan karena sebagai acuan kearah mana nantinya robot akan bergerak, seperti pada **Gambar 16**.



Gambar 16. Citra asli dan citra hasil segmentasi

Pada proses ini *frame* dibagi menjadi 9 segmen dimana setiap segmen memiliki perintah masing-masing, jika target berada pada salah satu segmen maka robot akan bergerak ke arah dimana target berada. Perintah untuk setiap segmen pada **Gambar 16** di atas adalah sebagai berikut.

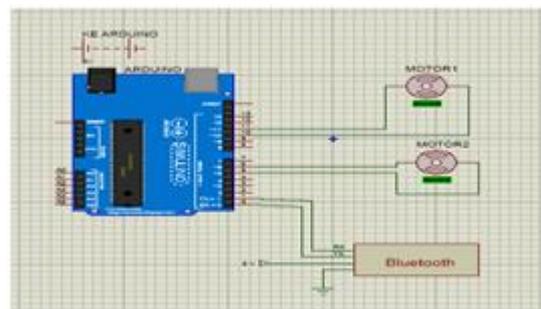
1. Perintah agar robot bergerak ke kiri.
2. Perintah agar robot bergerak maju.
3. Perintah agar robot bergerak ke kanan.
4. Perintah agar robot bergerak ke kiri.
5. Perintah agar robot bergerak berhenti.
6. Perintah agar robot bergerak ke kanan.
7. Perintah agar robot bergerak ke kiri.
8. Perintah agar robot bergerak ke mundur.
9. Perintah agar robot bergerak ke kanan.

8) *Penentuan Metric Target*

Pada proses penentuan *metric* atau nilai kebulatan target ini merupakan proses pengenalan pola dari target, dimana proses ini dibutuhkan untuk dapat mengenali target apakah target tersebut merupakan bola atau benda lain yang memiliki warna yang sama, sehingga sistem tidak akan mendeteksi objek selain bola, pada proses ini nilai *metric* referensi akan menjadi nilai perbandingan dengan nilai *metric* target, jika nilai *metric* target sama atau lebih besar dari nilai referensi maka target akan dikenali sebagai bola dengan ditandai adanya tanda plus dan kotak disekeliling objek.

L. Perancangan Perangkat Keras

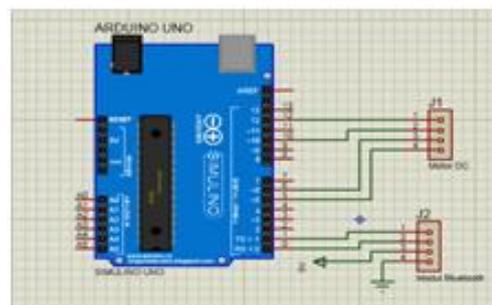
Pada perancangan sistem *hardware* ini meliputi pembahasan mengenai: mikrokontroler, aktuator, motor driver, bluetooth, kamera webcam, dan catu daya.



Gambar 18. Gambar skematik rangkaian

1) *Mikrokontroler Arduino Uno*

Pada tugas akhir ini mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler Arduino Uno yang menggunakan mikrokontroler AVR dengan seri yang lebih baik, sehingga dapat digunakan untuk membangun sebuah sistem kendali dengan mudah. Arduino menggunakan koneksi USB menggunakan chip FTDI untuk melakukan pemrograman, dan biasanya pada chip Arduino sudah dimasukkan *bootloader*, sehingga dapat dilakukan pemrograman langsung ke dalam chip menggunakan software Arduino, untuk *software* pemrograman yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *software* editor arduino v1.0.6.

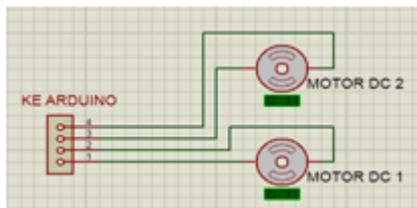


Gambar 19. Skematik konektor Arduino

Pada rangkaian di atas modul *bluetooth* berfungsi untuk menerima data yang dikirim dari PC atau laptop, kemudian arduino mengolah data tersebut yang selanjutnya dieksekusi dengan mengirim sinyal perintah ke motor dc. Untuk dapat melakukan eksekusi sebelumnya arduino harus diprogram terlebih dahulu dengan program pembacaan data dan perintah eksekusi data tersebut.

2) *Aktuator*

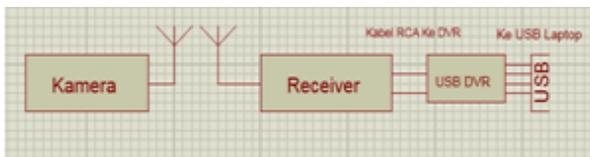
Motor dc yang digunakan di perancangan ini adalah *micro motor* dengan *metal gear*. Motor ini digunakan sebagai aktuator (penggerak) robot agar dapat bergerak mengikuti target yang sudah terdeteksi, pada perancangan ini menggunakan 2 motor dc dengan tipe yang sama. Sumber masukan motor ini berasal dari output motor *driver* yang dihubungkan dengan motor dc.



Gambar 20. Skematik konektor aktuator

3) *Kamera Wireless*

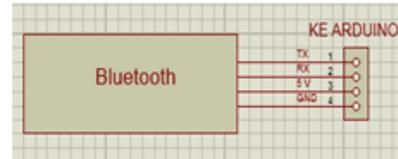
Kamera yang digunakan adalah kamera *wireless*, kamera berfungsi untuk mengambil citra analog yang kemudian dirubah menjadi citra *digital* oleh USB DVR, kamera bekerja mengambil sekaligus mengirim citra kemudian citra di tangkap oleh *receiver* yang disambungkan ke PC atau laptop melalui USB DVR, proses akan berjalan setelah aplikasi GUI dioperasikan.



Gambar 21 Skematik Konektor Kamera

4) *Modul Bluetooth*

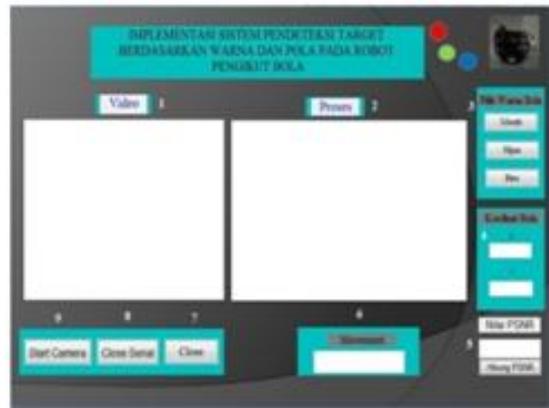
Modul *Bluetooth* yang digunakan adalah tipe HC-05, modul digunakan sebagai media komunikasi antara PC atau laptop dengan arduino berfungsi sebagai penerima data yang dikirim oleh PC atau laptop ke arduino.



Gambar 22 Skematik Konektor Bluetooth

M. Perancangan *Software Sistem*

Pada **Gambar 23** berikut adalah hasil perancangan program aplikasi komputer berbasis *Graphical User Interface (GUI) MATLAB*.



Gambar 23. Gambar Hasil perancangan program aplikasi komputer

Tahapan untuk sistem pengembangan algoritma pengolahan citra untuk implementasi sistem pendeteksi target berdasarkan warna dan pola pada robot pengikut bola ini menggunakan MATLAB 2012a yang mana terhubung dengan modul *bluetooth* HC-05 sebagai sarana komunikasi penerima data dari PC atau laptop ke arduino untuk mengoperasikan motor dc. *Flowchart* dari sistem ini dapat dilihat pada **Gambar 24**.



Gambar 24. Flowchart implementasi sistem pendeteksi target berdasarkan warna dan pola pada robot pengikut bola

**V. HASIL DAN PEMBAHASAN**

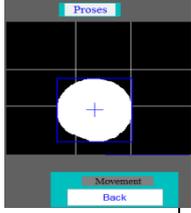
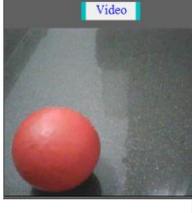
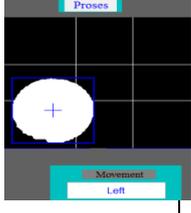
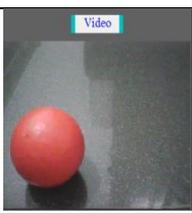
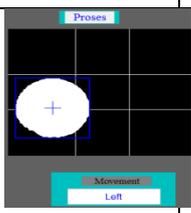
Ada beberapa pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *software* dan pengujian *hardware*.

**A. Pendeteksian Target Berdasarkan Warna**

Proses pengujian berikut adalah proses pendeteksian target berdasarkan warna dimana target yang harus bisa dideteksi oleh sistem adalah target yang berwarna merah, hijau dan biru. Berikut adalah adalah hasil percobaan pendeteksian target berdasarkan warna.

Tabel I. Pendeteksian bola merah

No	Hasil pendeteksian bola merah		Kordinat Bola
	Gambar Asli	Hasil deteksi	
1			Kordinat Bola x 264 y 45.2
2			Kordinat Bola x 144.5 y 53.3
3			Kordinat Bola x 60.2 y 50.6
4			Kordinat Bola x 65.5 y 112.9
5			Kordinat Bola x 176 y 118.8
6			Kordinat Bola x 272.8 y 110.5
7			Kordinat Bola x 258.7 y 118.8

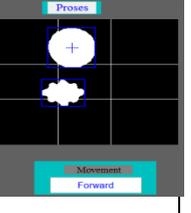
8			<b>Kordinat Bola</b> X 151.4 Y 168.2
9			<b>Kordinat Bola</b> X 82.4 Y 180.2
10			<b>Kordinat Bola</b> X 78.4 Y 158.8

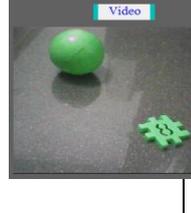
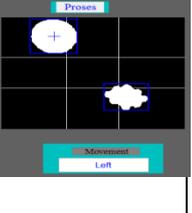
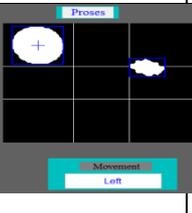
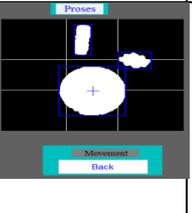
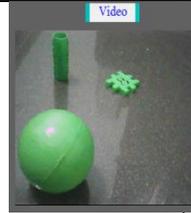
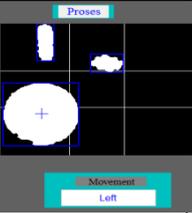
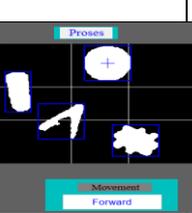
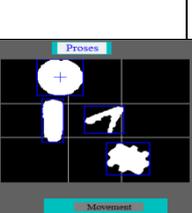
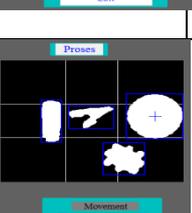
Hasil percobaan sistem pendeteksi dari 10 kali percobaan untuk pendeteksian bola merah memiliki tingkat keberhasilan 100%.

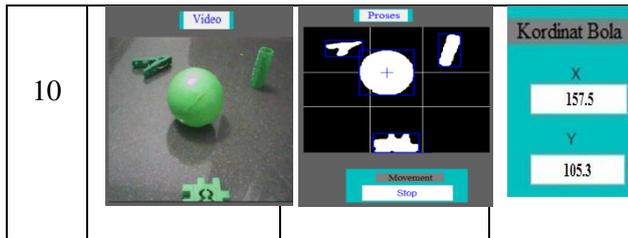
**B.Pendeteksian Target Bersarkan Pola**

Proses pengujian berikut adalah proses pengujian target berdasarkan pola dimana target yang harus bisa dideteksi oleh sistem adalah target yang memiliki pola bulat dimana target yang harus dikenali adalah target yang berupa bola, sehingga objek lain yang memiliki warna sama namun dengan pola berbeda tidak dapat terdeteksi sebagai target yang harus di ikuti oleh robot. Objek yang merupakan target yang harus di ikuti oleh robot ditandai dengan tanda + di tengah objek sedangkan objek lain yang bukan merupakan target namun memiliki warna yang sama dengan target ditandai dengan bentuk kotak disekeliling objek tersebut.

Tabel II. Pendeteksian Pola Pada Bola Hijau

No	Hasil pendeteksian bola hijau		Kordinat Bola
	Gambar Asli	Hasil deteksi	
1			<b>Kordinat Bola</b> X 152.1 Y 66.1

2			<b>Kordinat Bola</b> X 101.9 Y 49.6
3			<b>Kordinat Bola</b> X 62.2 Y 53.4
4			<b>Kordinat Bola</b> X 177.1 Y 185.5
5			<b>Kordinat Bola</b> X 286 Y 185
6			<b>Kordinat Bola</b> X 75.3 Y 197.6
7			<b>Kordinat Bola</b> X 188.9 Y 47.5
8			<b>Kordinat Bola</b> X 110.8 Y 42.3
9			<b>Kordinat Bola</b> X 297.6 Y 132.8



Pada bagian kordinat bola menunjukan kordinat target berupa bola berada bukan merupakan kordinat dari objek selain bola, hasil percobaan sistem pendeteksi dari 10 kali percobaan untuk pendeteksian pola bola hijau memiliki tingkat keberhasilan 100%.

### C. Pengujian Gerak Robot

Pengujian gerak robot bertujuan untuk mengetahui apakah sistem sudah mampu di implementasikan ke robot, ada beberapa kondisi pengujian yang dilakukan yaitu pengujian saat robot bergerak maju, belok kanan, belok kiri dan saat robot mundur. Berikut adalah hasil dari pengujian gerak dari robot tersebut.

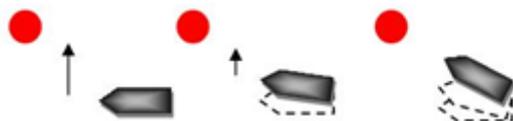


Gambar 25. Ilustrasi kondisi maju

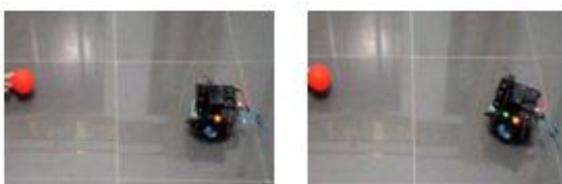


Gambar 26. Pengujian kondisi maju

Pada gambar pengujian maju di atas jarak antara bola dengan robot 60 cm kemudian robot bergerak maju mendekati bola lalu berhenti ketika jarak bola dengan robot 25 cm.

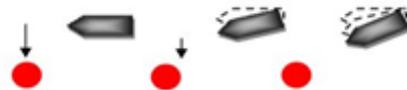


Gambar 27. Ilustrasi kondisi belok kanan



Gambar 28. Pengujian kondisi belok kanan

Pada pengujian diatas jarak antara bola dengan robot 60 kemudian bola di digerakan ke sebelah kanan robot, kemudian robot bergerak ke arah kanan mengikuti bola berada.



Gambar 29. Ilustrasi kondisi belok kiri



Gambar 30. Pengujian kondisi belok kiri

Pada pengujian diatas jarak antara bola dengan robot 60 kemudian bola di digerakan ke sebelah kiri robot, kemudian robot bergerak ke arah kiri mengikuti bola berada.



Gambar 31. Ilustrasi kondisi mundur



Gambar 32. Pengujian kondisi mundur

Pengujian dilakukan dengan mendekati target dengan jarak 20 cm kemudian robot bergerak mundur sejauh 10 cm, dari hasil pengujian pergerakan robot dapat diketahui bahwa sistem pendeteksi sudah mampu di implementasikan kepada robot dengan cukup baik.

### D. Pengujian Respon Waktu

Pengujian respon waktu diperlukan untuk mengetahui seberapa cepat robot dapat bereaksi ketika sistem mendeteksi target sehingga dapat diketahui seberapa baik sistem pendeteksi dan komponen *hardware* pada robot beroperasi. Berikut adalah data hasil pengujian yang dilakukan

Tabel III. Pengujian respon waktu

No	Kondisi	Respon waktu (detik)
1	Maju	0.56
2	Mundur	0.60
3	Belok Kanan	0.72
4	Belok kiri	0.70

$$\begin{aligned}
 Respon_{avg} &= \frac{\sum_1^N Respon Waktu}{N} \\
 &= \frac{0.56 + 0.60 + 0.72 + 0.70}{4} \\
 &= 0.645 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dari sistem pendeteksi target berdasarkan warna dan pola pada robot pegikut bola dapat diambil beberapa kesimpulan.

1. Sistem pendeteksi sudah mampu mendeteksi warna merah, hijau dan biru dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%.
2. Sistem pendeteksi sudah mampu mengenali pola dari target berupa bola dengan tingkat keberhasilan mencapai 100% ketika berada pada kondisi pencahayaan yang baik, namun ketika kondisi pencahayaan redup atau terlalu terang target akan sulit terdeteksi bahkan tidak mampu terdeteksi oleh sistem.
3. Sistem mampu mendeteksi pola target dengan baik jika menggunakan besaran *metric* sebesar 0.6-0.8 sedangkan untuk besaran *metric* 0.1-0.5 dan 0.9-1 sistem mengalami *error* karena tidak mampu mendeteksi pola dari target dengan baik.
4. Sistem pendeteksi target sudah mampu di implementasikan kepada robot dengan respon waktu yang cukup baik, respon waktu rata-rata 0.645 detik untuk berbagai kondisi seperti maju, mundur, belok kiri dan belok kanan.
5. Nilai PSNR berbanding terbalik dengan nilai MSE, jika nilai MSE bertambah maka nilai

PSNR akan berkurang, pengurangan nilai PSNR terjadi apabila terdapat banyak *noise* pada citra pembanding dibandingkan dengan citra asli.

### B. Saran

Adapun saran bagi pengembangan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah warna yang dapat dideteksi oleh sistem pendeteksi sehingga sistem mampu mendeteksi berbagai warna tidak hanya warna merah, hijau dan biru.
2. Menambah pola yang dapat dideteksi oleh sistem pendeteksi sehingga sistem mampu mendeteksi berbagai pola tidak hanya pola pada bola.
3. Desain robot yang lebih baik sehingga robot mampu mengikuti target lebih dari 70 cm.
4. Menambah kontrol PID agar pergerakan robot menjadi lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sitanggang, Sabas. (2014). Pengembangan Algoritma Pengolahan Citra Untuk Mengontrol Kepadatan Lalu Lintas Pada Persimpangan Dua Arah Berbasis Logika Fuzzy, Bandung: UNIKOM
- [2] RGB. <https://id.wikipedia.org/wiki/RGB>
- [3] Abrar. Muhammad. "Pengolahan Sinyal Digital Edge Detection". 10 April 2015. [http://www.academia.edu/5975370/MAKALAH\\_EDGE\\_DETECTION](http://www.academia.edu/5975370/MAKALAH_EDGE_DETECTION)
- [4] Prasetyo, Eko. 2011. *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI.
- [5] Yagi, Mochamad. "Pengolahan Citra Tugas 4". 25 Maret 2015. <https://mochamadyagi.wordpress.com/2012/04/17/pengolahan-citra-tugas-4/>
- [6] Adi Nugraha, Yogi. 2014. Implementasi Sistem Otomatis Pada Robot Kapal Berbasis Komputer Vision Untuk Kontes Kapal Cepat Tak Berawak Nasional, Bandung : UNIKOM
- [7] Gonzalez, R.C. dan Woods, R.E. 2004. *Digital image Processing Second Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [8] Gonzalez, R.C., Woods, R.E. 2004., Eddins S.L., *Digital image Processing Using MATLAB*. Indian: Pearson Prentice Hall.
- [9] Solomon, Chris dan Breckon, Toby. 2011. *Fundamentals of Digital Image Processing*. Oxford: Wiley-Blackwell