

Sistem Pergerakan dan Deteksi Pada Robot Sepak Bola Beroda Berbasis *Image Processing* dengan Penerapan *Multivision*

Risfendra¹, Aldo Aulia Akbar^{1*} dan Firdaus²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

²Jurusan Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang

*Corresponding author, e-mail: aldouliakbr81@gmail.com

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk membangun robot sepak bola beroda yang bergerak *holonomic* berbasis *image processing* untuk melakukan pendeteksian bola yang selanjutnya data tersebut menjadi kondisi pergerakan robot pada pertandingan. Sistem pergerakan robot pada penelitian ini menggunakan konfigurasi 3 roda omni yang membuat robot dapat bergerak secara *holonomic*. *Image processing* pada penelitian ini digunakan sebagai sistem deteksi bola pada robot yang diproses menggunakan laptop dan dibuat dengan bahasa pemrograman *python* menggunakan pustaka *open computer vision*. Permasalahan yang sering terjadi pada sistem pendeteksian objek menggunakan satu kamera adalah keterbatasan area pendeteksian objek pada robot. Sehingga pada penelitian ini digunakan metode *color filtering HSV* dengan penerapan pada *multivision*. Penerapan metode pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan jarak pendeteksian objek yang dipengaruhi oleh reliabilitas segmentasi warna serta memperluas area pendeteksian objek pada robot. Kamera 1 digunakan untuk mendeteksi objek yang berada 120° di depan robot dan kamera 2 digunakan untuk mendeteksi objek yang berada 360° disekitar robot. Sehingga diperoleh kondisi - kondisi yang dapat memperbaiki kinerja pada sistem pergerakan robot. Hasil dari *image processing* menjadi data *input* sensor yang diterima oleh arduino mega 2560, pengiriman data tersebut menggunakan komunikasi *serial port* USB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kamera 1 dapat melakukan pendeteksian bola dengan jarak 0 - 12 m, dan kamera 2 dapat melakukan pendeteksian bola dalam radius 0 - 4 meter.

Kata Kunci : *Image Processing, Color Filtering HSV, Multivision*

Abstract— This study aims to build a wheeled soccer robot that moves holonomically based on image processing to detect the ball, which then becomes the condition of the robot's movement in the match. The robot movement system in this study uses 3-wheel configuration that allows the robot to move holistically. Image processing in this study is used as a ball detection system in robots that is processed using a laptop and made in the python programming language using open computer vision libraries. The problem that often occurs in object detection systems using one camera is the limited area of object detection on the robot. This study used the HSV color filtering method with the application of *multivision*. The application of the method in this study aims to increase the object detection distance which is influenced by the reliability of color segmentation and to expand the object detection area of the robot. Camera 1 is used to detect objects that are 120 ° in front of the robot and camera 2 is used to detect objects that are 360 ° around the robot. In order to obtain conditions that can improve the performance of the robot movement system. The results of image processing become sensor input data received by Arduino Mega 2560, sending data using the USB port serial communication. The results shows that camera 1 can detect a ball with distance of 0 - 12 m, and camera 2 can detect a ball within radius of 0 - 4 meters.

Keywords : *Image Processing, Color Filtering HSV, Multivision*



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License

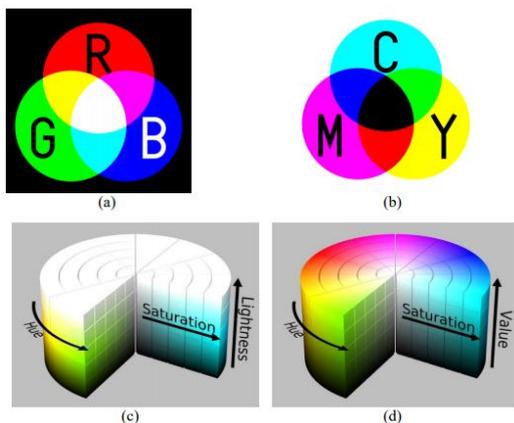
I. PENDAHULUAN

RoboCup Middle Size League (MSL) atau sepak bola robot dunia adalah ajang sepak bola robot beroda yang mana robot sepak bola beroda dirancang mampu dalam bermain sepak bola seperti pertandingan sepak bola pada umumnya.

Robot sepak bola beroda dikembangkan menggunakan *image processing*, proses dalam memperbaiki nilai dari suatu citra dengan komputer, untuk menjadikan suatu citra yang mempunyai nilai yang semakin baik dari sebelumnya sehingga lebih mudah diinterpretasikan oleh manusia maupun mesin disebut sebagai *image processing*.

Pada robot sepak bola beroda, metode deteksi objek yang berbasis *image processing* dibutuhkan dalam mendeteksi objek yang berada pada lapangan pertandingan yaitu berupa bola. Permasalahan yang sering terjadi pada sistem pendeteksian objek adalah keterbatasan area pendeteksian objek pada robot. Oleh karena itu, pada penelitian ini penerapan *image processing* menggunakan dua kamera *webcam* sebagai sensor sehingga disebut *multivision*, yang bertujuan untuk memperluas area pendeteksian objek pada robot. Sehingga robot mampu mendeteksi objek yang berada 120° di depan robot dan yang berada 360° disekitar robot secara bersamaan. Dengan memanfaatkan kamera sebagai sensor, robot mendapatkan data informasi keberadaan objek dilapangan[1].

Ada beberapa contoh model ruang warna yang digunakan pada *image processing* diantaranya adalah RGB (*Red, Green, Blue*), CMYK (*Cyan, Magenta, Yellow, Black*), HSL (*Hue, Saturation, Lightness*) dan HSV (*Hue, Saturation, Value*). [2] Model ruang warna yang masih digunakan hingga sekarang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. (a) Ruang Warna RGB, (b) Ruang Warna CMYK, (c) Ruang Warna HSL, (d) Ruang Warna HSV.

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa model ruang warna RGB dan CYMK dibentuk dari komposisi warna pokok [3]. Ruang warna RGB dan CYMK belum memperhitungkan *lightness* dan *value*. Sementara model ruang warna HSV dan HSL telah memperhitungkan hal tersebut. Pada penelitian ini objek yang akan dideteksi adalah bola berwarna jingga sehingga parameter yang akan diambil adalah nilai ambang warna pada objek, model ruang warna HSV memiliki keuntungan dalam pemisahan nilai luminasi atau nilai kecerahan yang membuat pemilihan *range* warna mempunyai jarak yang cukup untuk dibedakan [2].

Pada penelitian ini metode *color filtering* HSV berfungsi untuk meningkatkan jarak pendeteksian objek yang dipengaruhi oleh reliabilitas segmentasi warna [1]. Metode ini juga dapat mengatasi kelemahan pada model ruang warna lain. Model ruang warna HSV (*Hue, Saturation, Value*) adalah contoh dari ruang warna yang mampu dilihat oleh mata manusia yang berfokus kepada ruang warna tersier [4].

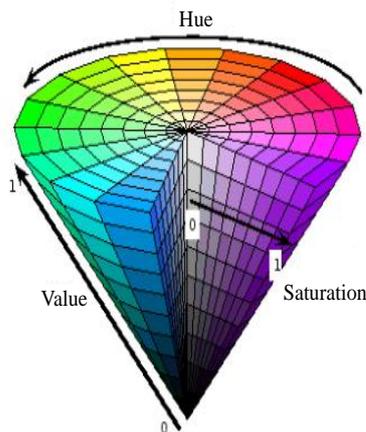
Pada penelitian ini metode *color filtering* HSV diterapkan pada *multivision*. Dengan tujuan penerapan sistem deteksi objek menggunakan dua buah kamera dengan metode yang sama secara bersamaan tetapi dengan perbedaan sudut area deteksi sehingga menghasilkan algoritma yang dapat meningkatkan efektifitas pergerakan robot. Penggunaan 1 buah kamera memiliki berbagai kekurangan salah satunya disaat objek berada disisi kanan atau sisi kiri robot diluar area deteksi kamera yang hanya bisa menangkap 120° maka robot hanya memiliki pilihan untuk berputar ke satu arah sehingga memiliki kemungkinan ketidakefektifan pergerakan.

Sementara penggunaan 2 kamera pada robot dapat menghasilkan pergerakan yang lebih efektif karena jika kamera 1 yang berfungsi melihat objek yang berada 120° di depan robot kehilangan objek yang dideteksi maka kamera 2 akan memberikan informasi objek yang berada 360° disekitar robot sehingga robot memiliki lebih banyak pilihan kondisi untuk berputar kearah objek tersebut.

Robot yang hanya menggunakan 1 buah kamera 360° sebagai sistem deteksi juga memiliki kelemahan yaitu proses pendeteksian objek pada robot terbatas oleh jarak deteksi. Hal ini disebabkan karena kamera 360° adalah kamera yang memanfaatkan pantulan dari cermin cembung sehingga hasil citra yang diperoleh kurang tajam. Maka dari itu pada penelitian ini menggabungkan 2 buah kamera atau *multivision*

untuk memperluas area deteksi dan memperbesar jarak deteksi.

Hue adalah kategori warna dasar, yang merupakan letak warna tersebut dalam spektrum warna seperti merah, kuning dan biru. Saturasi (*Saturation*) suatu warna adalah parameter tingginya nilai warna yang disebabkan oleh pengaruh warna putih, seperti warna biru yang memiliki variasi dari warna biru tua hingga warna biru muda, dimana *Hue* tetap berwarna biru tapi nilai parameter saturasinya berbeda. Selanjutnya adalah *value* (intensitas) yang menjadi parameter kecerahan suatu warna, terdapat rentang nilai dari 0 - 100% pada *value* [5]. Model warna HSV dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Model Warna HSV

Model Warna HSV pada gambar 2 adalah model warna yang dapat dilihat oleh mata manusia [6]. Adapaun proses mengubah nilai RGB ke nilai HSV bisa penggunaan teori travis yang ada pada persamaan (1)-(4).

$$r = \frac{R}{R+G+B}, g = \frac{G}{R+G+B}, b = \frac{B}{R+G+B} \dots\dots\dots (1)$$

$$V = \max(r, g, b) \dots\dots\dots (2)$$

$$S = \begin{cases} 0, & V = 0 \\ 1 - \frac{\min(r,g,b)}{v}, & V > 0 \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

$$H = \begin{cases} 0, & V = 0 \\ \frac{60 \times (g-V)}{S-V}, & V = r \\ 60 \times [2 + \frac{b-r}{S \times V}], & V = g \\ 60 \times [4 + \frac{r-g}{S \times V}], & V = b \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

Setelah dilakukan pengolahan citra untuk mengkonversi citra ke HSV maka dilakukan proses *color filtering* dan *thresholding*. *Color filtering* adalah suatu cara untuk mengetahui piksel aktual dengan membatasi nilai tepi atas dan nilai tepi bawah untuk nilai piksel di gambar, jika gambar mempunyai nilai intensitas warna yang

berada pada nilai tepi atas dan nilai tepi bawah yang ditentukan maka piksel tersebut dapat ke proses selanjutnya. Proses selanjutnya adalah *thresholding*, dimana piksel dari objek dan *background* diklasifikasikan dalam dua bentuk dominan.

Adapun cara untuk memisahkan objek dari *background* adalah menggunakan nilai *threshold* (T). Nilai T didapatkan melalui proses *color filtering* dengan penggunaan ruang warna HSV. Titik (x,y) yang mencukupi adalah titik objek, selain dari itu adalah titik *background*. Hasil dari *thresholding* dapat diperoleh dengan persamaan 5.

$$g(y, x) = \begin{cases} 1, & f(y, x) > T \\ 0, & f(y, x) \leq T \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

g (y, x) : Piksel Output

f (y, x) : Piksel Input

T : Variabel ambang untuk *threshold*

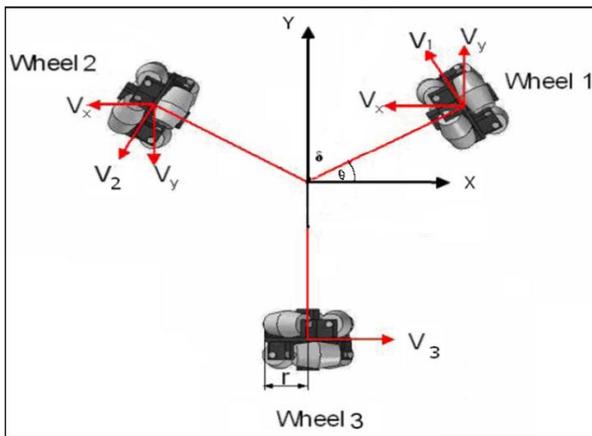
Penentuan *range* warna yang sesuai sangat menentukan proses *color filtering* [5]. Untuk menyempurnakan hasil *output* dari proses *color filtering* dan *thresholding* maka diterapkan proses morfologi filter. Morfologi filter membutuhkan 2 input berupa gambar asli dan matriks *structure element* [7], morfologi filter memiliki 2 operasi standar yaitu erosi dan dilasi [8]. Erosi dan dilasi bertujuan menghapus *noise* pada citra gambar yang ada pada hasil pemfilteran HSV. Jika tidak ada *noise* pada gambar hasil filter HSV maka erosi dan dilasi tidak diproses [9]. Erosi dan dilasi diproses hingga *noise* yang ada pada gambar tidak ada sehingga objek dapat dideteksi akurat pada proses selanjutnya.

Setelah objek dapat dideteksi secara akurat maka diterapkan *countours detection*, yaitu mendeteksi objek berdasarkan bentuk objek dari hasil erosi dan dilasi. Sehingga objek yang diproses bisa diidentifikasi melalui bentuk *countours* objek tersebut. Apabila objek telah dideteksi maka akan diperoleh data koordinat berupa data (Xpixel,Ypixel) yang kemudian data koordinat tersebut dikirimkan ke kontroler. Data tersebut akan diolah oleh kontroler dan menjadi kondisi dari pergerakan robot.

Pada penelitian sebelumnya dilakukan perancangan robot beroda untuk mengikuti objek, kekurangan pada penelitian tersebut yaitu sistem pergerakannya tidak menggunakan roda omni sehingga robot tidak bergerak dengan dinamis [10].

Sistem *differential drive* pada robot sepak bola beroda dapat mewujudkan pergerakan yang

dinamis kesegala arah atau disebut dengan pergerakan *holonomic* [11]. Sehingga pada penelitian ini dalam pergerakan robot digunakan konfigurasi dari kombinasi 3 roda omni yang memungkinkan robot untuk bergerak *holonomic* atau kesegala arah tanpa harus mengubah posisi hadap dari robot tersebut [12]. Konfigurasi dari 3 *omniwheels* merupakan sistem pergerakan robot yang efisien [13]. Konfigurasi ini membuat setiap roda omni terpisah sejauh 120° dan memiliki sudut 30° terhadap sumbu tegak [14]. Konfigurasi kinematika 3 *omni-directional* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kinematika 3 *Omni-Directional*

Dari Gambar 3 didapatkan persamaan kinematika yang bisa digunakan pada robot sebagai berikut.

$$V_y = V_1 \cos(\theta) - V_2 \cos(\theta) \dots \dots \dots (6)$$

$$V_x = V_3 - V_2 \sin(\theta) - V_1 \sin(\theta) \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

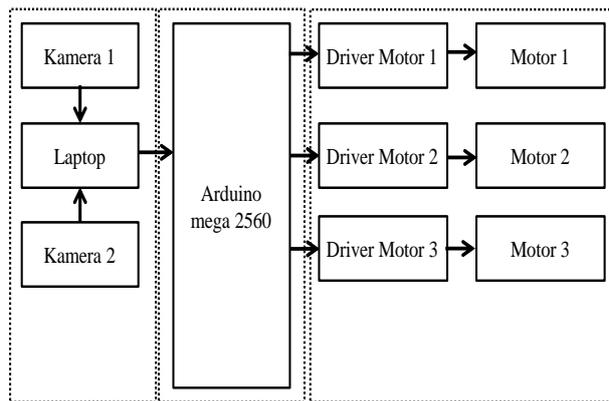
- $V_{1/2/3}$ = Kecepatan Linear roda (m/s)
- V_x = Kecepatan Linear pada sumbu x (m/s)
- V_y = Kecepatan Linear pada sumbu y (m/s)
- θ = sudut roda (°)

Pada penelitian ini penerapan kombinasi dari *image processing* menggunakan metode *color filtering HSV* pada *multivision* sebagai sistem pendeteksian objek dengan penggunaan konfigurasi 3 roda omni sebagai sistem penggerak *holonomic* pada robot sepak bola beroda dapat memperbaiki kinerja pada robot dan menghasilkan pergerakan yang lebih dinamis. Hal tersebut dikarenakan algoritma yang diterapkan lebih efektif. Sehingga memungkinkan robot untuk memiliki lebih banyak kondisi dalam melakukan pergerakan dibandingkan sistem pendeteksian objek menggunakan satu kamera, serta meningkatkan jarak pendeteksian objek.

II. METODE

A. Blok Diagram

Pada perancangan robot, *input* dari robot adalah objek yang dideteksi oleh kamera 1 dan kamera 2 pada pembacaan video secara *realtime*, apabila objek terdeteksi oleh salah satu kamera yang digunakan maka laptop akan mengolah objek tersebut menggunakan algoritma *image processing*. Hasil *output* dari pengolahan citra yang dilakukan oleh laptop akan dikirimkan kepada arduino dengan komunikasi serial. Data yang dikirimkan pada arduino tersebut diproses menjadi kondisi dari aktuator robot dalam melakukan pergerakan. Blok diagram I/O dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Blok Diagram Alat

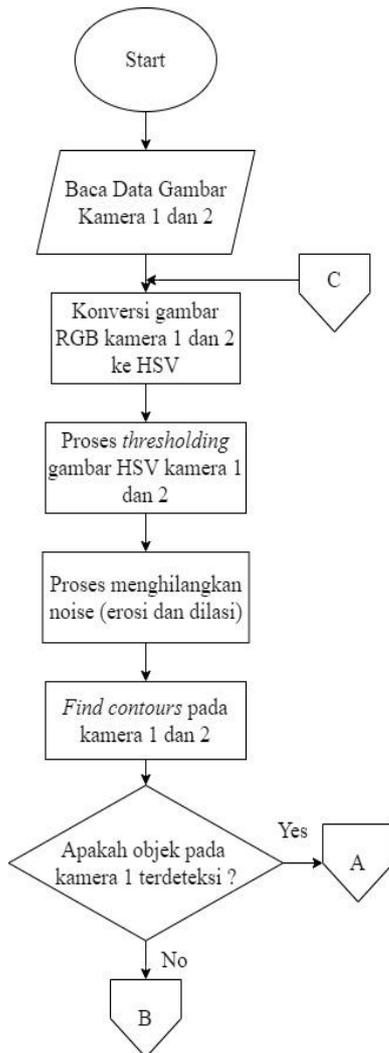
B. Cara Kerja Alat

Metode *color filtering HSV* yang digunakan pada penelitian ini yaitu, langkah pertama yang diproses oleh sistem adalah menjalankan proses pengambilan gambar dengan kamera 1, kamera 2, dan pengaturan pembatasan ukuran gambar yang diambil. Proses pengambilan gambar pada kedua kamera dilakukan secara *realtime*.

Lalu langkah kedua adalah gambar yang ditangkap oleh kamera diubah menjadi model warna HSV hal ini dapat dilakukan dengan mengaplikasikan persamaan 1-4. Langkah ketiga citra HSV akan dibinarisasi sehingga membuat citra menjadi dua bagian yaitu bagian objek dan *background*. Langkah keempat dilakukan proses *thresholding* untuk menentukan nilai ambang bawah dan nilai ambang batas yang bertujuan untuk memisahkan *background* dengan objek. Langkah kelima dilakukan proses filter morfologi untuk menghilangkan *noise* pada hasil pengolahan citra.

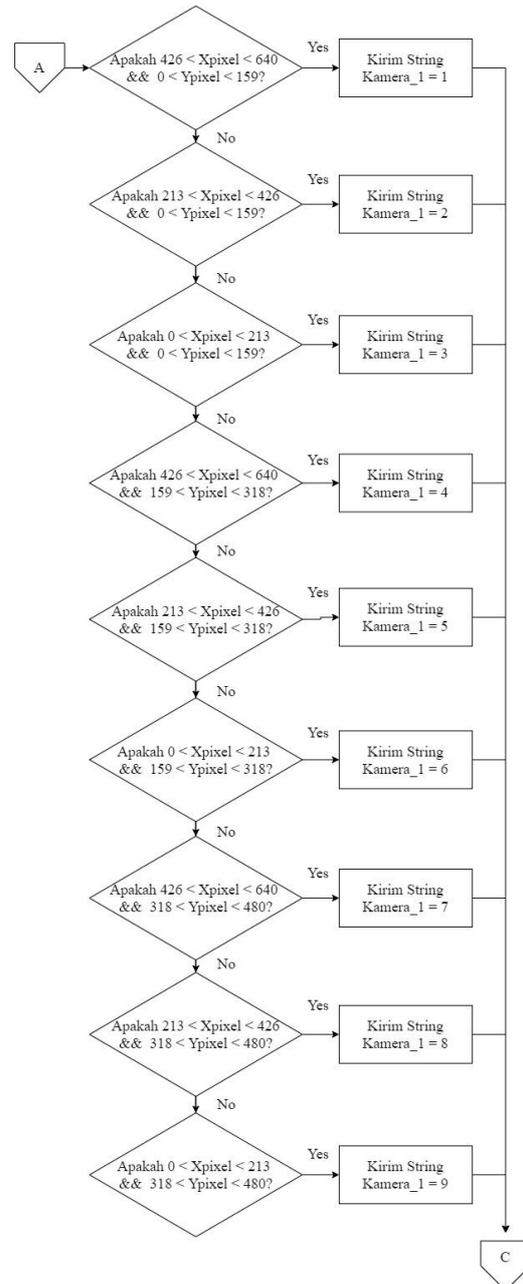
Selanjutnya adalah *countours detection* sehingga objek yang diproses bisa diidentifikasi melalui bentuk *countours* objek tersebut.

Flowchart color filtering HSV dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Flowchart Algoritma Color Filtering HSV

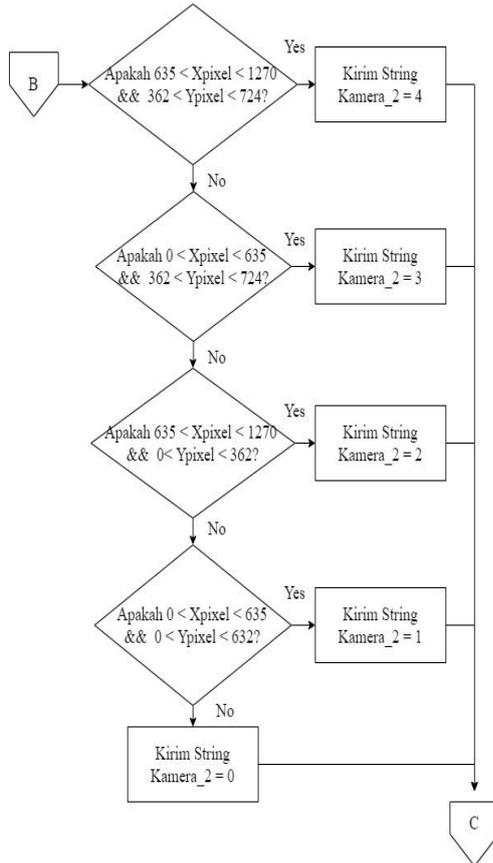
Gambar 5 menjelaskan bagaimana proses color filtering HSV yang selanjutnya hasil dari proses tersebut menjadi berbagai data yang dipengaruhi oleh posisi objek pada pixel kamera. Jika kamera 1 mendeteksi keberadaan objek yang berada di depan robot maka data koordinat objek yang dideteksi dikirim ke arduino mega yang selanjutnya akan menjadi kondisi dalam pergerakan aktuator, pada pendeteksian objek menggunakan kamera 1 memiliki 9 kondisi. Kondisi tersebut diperoleh dari posisi objek di dalam frame pixel kamera 1. Flowchart algoritma image processing pada kamera 1 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Flowchart Algoritma Image Processing Kamera 1.

Apabila kamera 1 tidak mendeteksi objek yang berada di depan robot maka kamera 2 akan melakukan proses pendeteksian keberadaan objek 360° disekitar robot. Selanjutnya laptop akan mengirimkan koordinat objek yang dideteksi oleh kamera 2 kepada kontroler yang menjadi kondisi dalam pergerakan aktuator.

Pada pendeteksian objek menggunakan kamera 2 memiliki 4 kondisi pergerakan aktuator. Kondisi tersebut diperoleh dari posisi objek di dalam frame pixel kamera 2. Flowchart algoritma image processing pada kamera 2 dapat dilihat pada gambar 7.



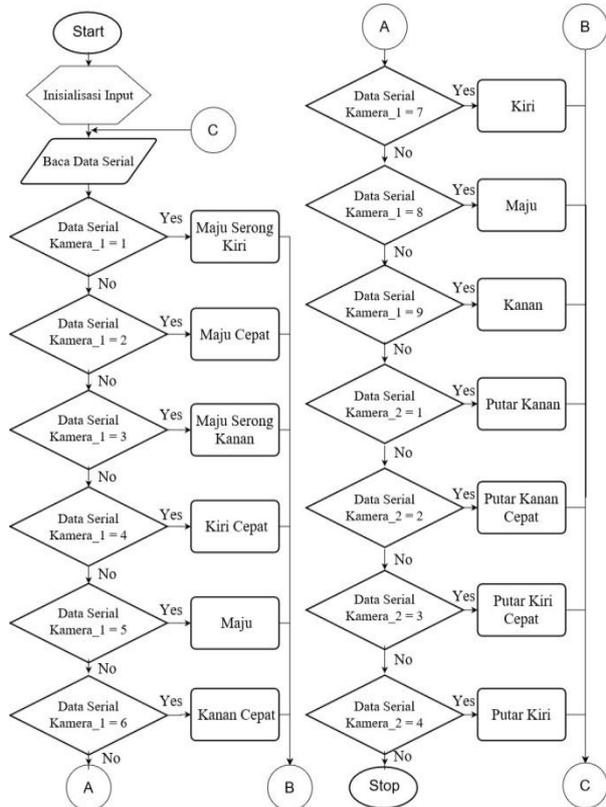
Gambar 7. Flowchart Algoritma Image Processing Kamera 2.

Pada gambar 7 apabila kamera 2 tidak mendeteksi keberadaan objek maka robot akan diam, hal ini dikarenakan oleh 2 hal yaitu tidak ada objek disekitar robot atau objek yang disekitar robot berada pada batas kemampuan sensor kamera dalam mendeteksi objek sehingga objek tidak terdeteksi.

Pengambilan gambar pada kedua kamera dilakukan secara *realtime* sehingga dapat dilihat pada gambar 6 dan 7 bahwa setelah proses pengolahan citra mendapatkan data posisi objek maka proses akan kembali ke pengambilan data gambar secara berulang dibagian C yang dapat dilihat pada gambar 5.

Data posisi objek pada kamera 1 dan 2 tersebut dikirimkan secara *serial* ke arduino mega menjadi kondisi dalam pergerakan robot. Adapun *flowchart* sistem pergerakan robot dapat dilihat pada gambar 8.

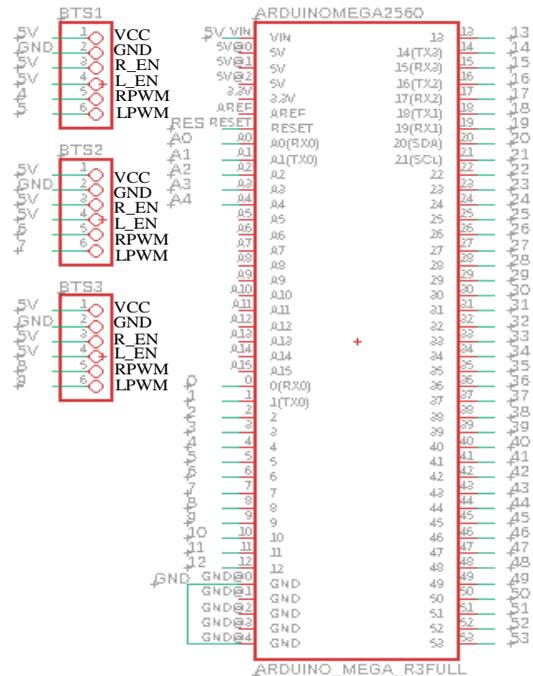
Pada gambar 8 dapat dilihat penggunaan 2 kamera pada robot menghasilkan 14 kondisi pergerakan robot sehingga robot dapat melakukan pergerakan yang lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan 1 kamera yang terbatas pada area deteksi.



Gambar 8. Flowchart sistem pergerakan robot

C. Perancangan Rangkaian

Konfigurasi PIN dari *driver* motor BTS7960 yang digunakan pada arduino mega 2560 dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 9.



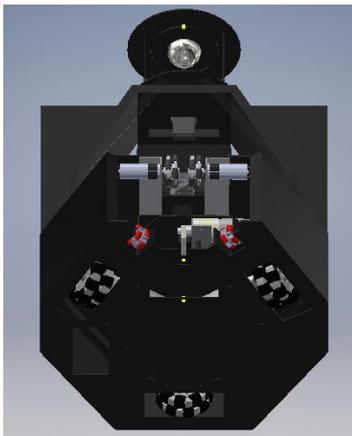
Gambar 9. Konfigurasi Pin Driver Motor BTS pada Arduino Mega 2560.

D. Perancangan Software

Aplikasi yang digunakan pada perancangan *software* sistem pendeteksian objek pada penelitian ini adalah *IDLE (Python GUI)* yang dikomunikasikan atau dikomplikasi oleh pemrograman *python* dengan *library OpenCV* yang dibantu dengan bantuan *image processing toolbox* yang sudah tersedia. Aplikasi ini akan melakukan proses pengolahan citra yang diterima sampai perbaikan pengolahan citra. Pada perancangan *software* sistem pergerakan robot dengan *Arduino mega 2560* sebagai kontroler diprogram dengan *Arduino IDE*.

E. Perancangan Mekanik

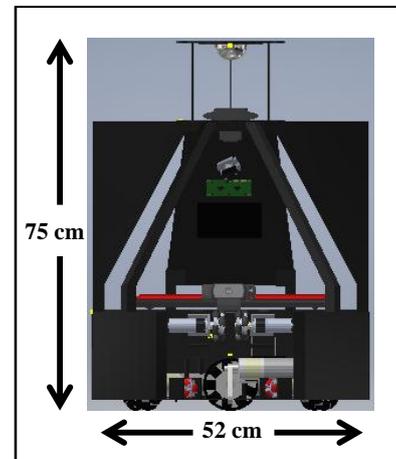
Robot sepak bola pada penelitian ini dirancang sesuai dengan aturan robot sepak bola beroda Indonesia dengan dimensi panjang dan lebar antara 30 - 52cm dan tinggi robot antara 40 - 80cm [15]. Perancangan robot menggunakan aplikasi *autodesk inventor* dan proses *manufacturing* menggunakan bahan besi *hollow* dengan ukuran 20 x 20 mm, plat aluminium dengan tebal 3 mm dan bahan akrilik dengan tebal 3 mm. Hal ini bertujuan agar robot dapat kuat dalam melakukan manuver dan benturan disaat bermain bola.



Gambar 10. Desain Tata Letak *Omniwheels* pada Robot Sepak Bola Beroda

Robot dilengkapi dengan lensa omni yang memantulkan keadaan sekeliling 360°. Hasil pantulan tersebut dimanfaatkan oleh kamera 2 untuk mengetahui keberadaan objek di sekitar robot, dibagian tengah robot digunakan sebagai tempat laptop yang bekerja melakukan proses *image processing* dan tempat kamera 1 untuk mengambil gambar objek yang berada di depan robot. Dibagian bawah robot terdapat *Arduino mega 2560* yang sebagai kontroler, *Driver* motor yang mengontrol arah putaran dan kecepatan motor, regulator tegangan dan *battery* sebagai

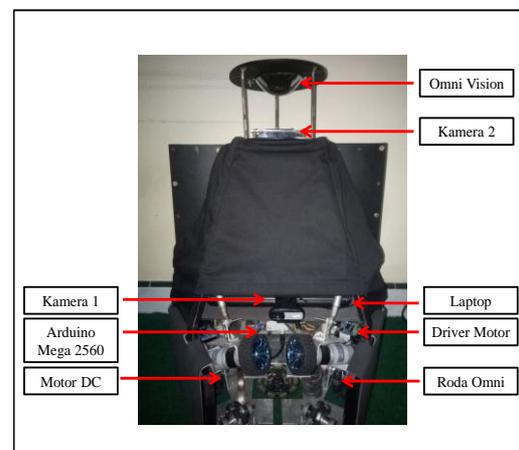
sumber energi listrik yang dibutuhkan oleh robot. Robot dirancang menggunakan 3 motor dengan roda omni diameter 100 mm sehingga robot dapat bergerak kesegala arah. Tata letak *omniwheels* pada penelitian ini dirancang dengan sudut posisi antar roda sejauh 120° dan Desain Mekanik robot sepak bola beroda dirancang dengan ukuran 52 x 52 cm dengan tinggi robot 75 cm, tata letak *omniwheels* dan desain mekanik robot dapat dilihat pada gambar 10 dan 11.



Gambar 11. Desain Mekanik Robot Sepak Bola Beroda

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

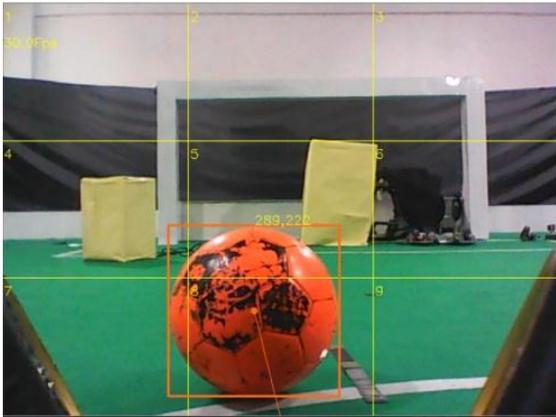
Pada bagian hasil dan pembahasan dilakukan beberapa pengujian dan analisa pada seluruh bagian input dan output pada robot yang telah dirancang pada penelitian ini. Robot sepak bola beroda yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Robot Sepak Bola Beroda

Pertama dilakukan pengujian penerapan algoritma *color filtering HSV* untuk mengetahui apakah kamera melakukan pendeteksian objek

dengan baik, selanjutnya akan dianalisa apakah output telah sesuai dengan yang diinginkan. Pertama dilakukan pengambilan citra asli secara *realtime* yang dapat dilihat pada gambar 13.



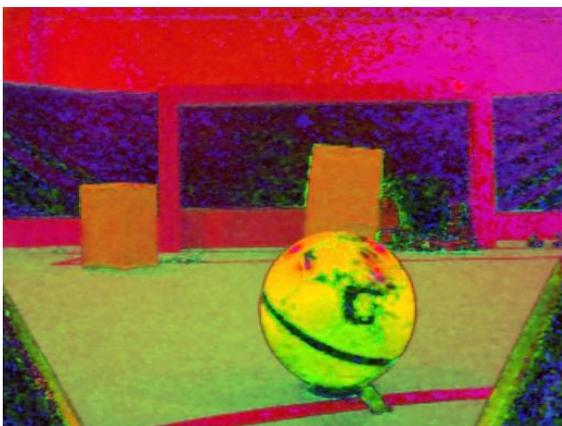
Gambar 13. Citra Asli Tangkapan Kamera

Selanjutnya citra asli pada gambar 13 dikonversi menjadi nilai model ruang warna HSV dengan persamaan 1- 4. Adapun nilai HSV yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 1. Nilai HSV Pada Kamera 1

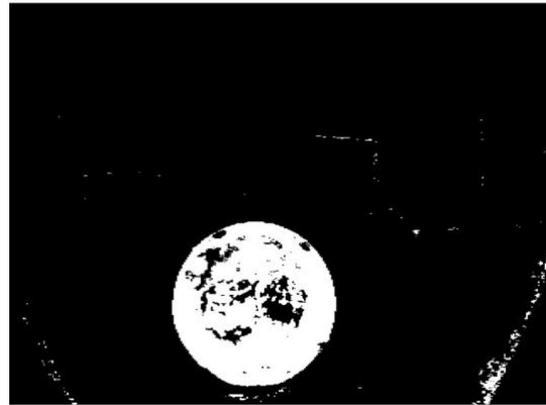
NO	Warna Output	Warna Input					
		H Max	H Min	S Max	S Min	V Max	V Min
1	Oranye	19	0	255	93	255	120

Hasil dari perubahan citra asli menjadi citra HSV dapat dilihat pada gambar 14.



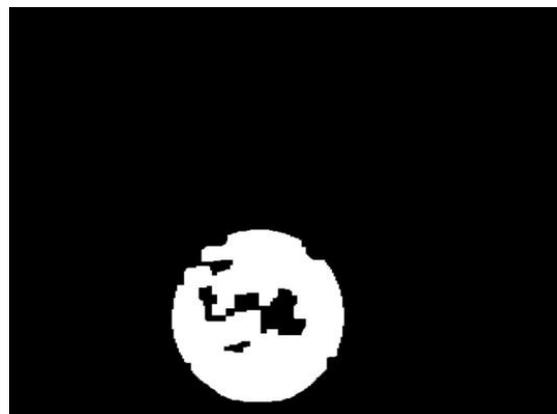
Gambar 14. Citra HSV

Hasil citra HSV pada gambar dibinarisasi, output dari proses binarisasi dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Citra Binarisasi

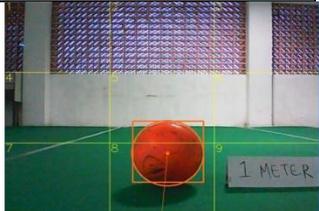
Pada gambar terlihat bahwa masih banyak noise pada hasil citra binarisasi sehingga dilakukan filter morfologi untuk menghilangkan *noise* pada citra. Hasil dari citra yang telah diberikan filter morfologi dapat dilihat pada gambar 16.

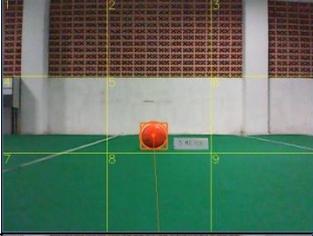
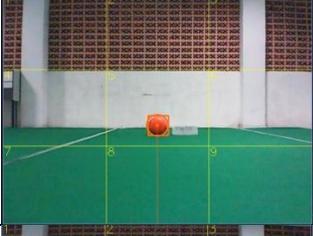
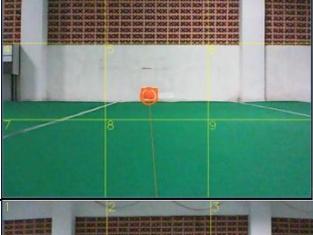
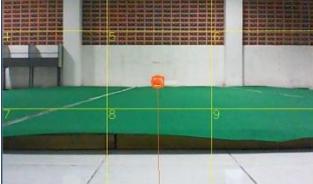


Gambar 16. Citra Hasil Filter Morfologi

Hasil dari filter morfologi merupakan output dari proses *color filtering* HSV. Selanjutnya dilakukan pengujian jarak objek yang dapat dideteksi oleh kamera 1. Jarak objek yang dapat dideteksi oleh kamera 1 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Jarak Deteksi Objek Pada Kamera 1

Jarak	Keterangan	Hasil
1 meter	Objek Terdeteksi	

Jarak	Keterangan	Hasil
2 meter	Objek Terdeteksi	
3 meter	Objek Terdeteksi	
4 meter	Objek Terdeteksi	
5 meter	Objek Terdeteksi	
6 meter	Objek Terdeteksi	
7 meter	Objek Terdeteksi	
8 meter	Objek Terdeteksi	

Jarak	Keterangan	Hasil
9 meter	Objek Terdeteksi	
10 meter	Objek Terdeteksi	
11 meter	Objek Terdeteksi	
12 meter	Objek Terdeteksi	
13 meter	Objek Tidak Terdeteksi	

Proses *color filtering* HSV yang sama juga dilakukan pada kamera 2. Adapun nilai HSV yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai HSV Pada Kamera 2

NO	Warna Output	Warna Input					
		H Max	H Min	S Max	S Min	V Max	V Min
1	Oranye	26	0	255	158	255	193

Selanjutnya dilakukan pengujian jarak objek yang dapat dideteksi oleh kamera 2. Jarak objek yang dapat dideteksi oleh kamera 2 dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Jarak Deteksi Objek Pada Kamera 2

Radius	Keterangan	Hasil
1 meter	Objek Terdeteksi	
2 meter	Objek Terdeteksi	
3 meter	Objek Terdeteksi	
4 meter	Objek Terdeteksi	

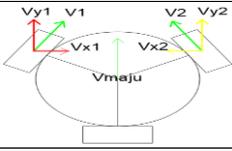
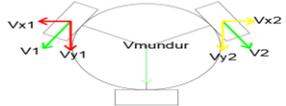
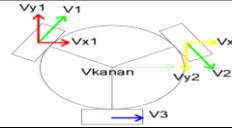
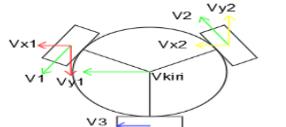
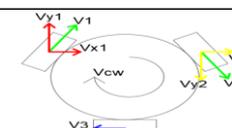
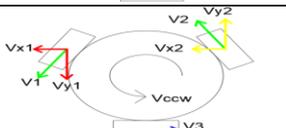
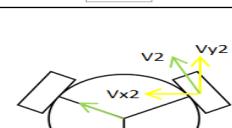
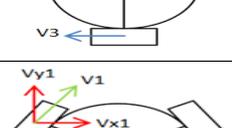
Selanjutnya dilakukan pengujian sistem pergerakan robot *holonomic* menggunakan konfigurasi 3 *omniwheels*. Pertama dilakukan pengujian variasi input logika *high* (1) dan *low* (0) pada motor DC yang digunakan. Hasil pengujian arah putaran motor dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Arah Putaran Motor

No	Input 1	Input 2	Kondisi Motor
1	0	0	Motor Tidak Berputar
2	0	1	Motor Berputar Searah Jarum Jam
3	1	0	Motor Berputar Berlawanan Arah Jarum Jam
4	1	1	Motor Tidak Berputar

Pengujian yang dilakukan pada tabel 2 menjadi referensi untuk pengujian pergerakan robot. Konfigurasi 3 roda omni pada robot beroda dapat menghasilkan pergerakan *holonomic*. Vektor sistem pergerakan robot dapat dilihat pada tabel 6.

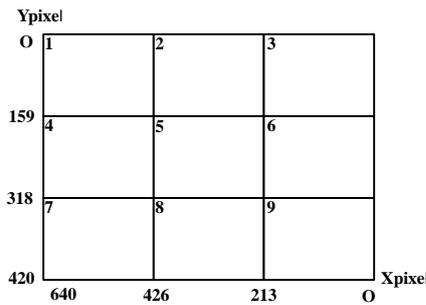
Tabel 6. Vektor Sistem Pergerakan Robot.

No	Vektor Roda Omni	Arah Pergerakan
1		Maju
2		Mundur
3		Kanan
4		Kiri
5		Putar Kanan
6		Putar Kiri
7		Serong Kiri
8		Serong Kanan

Pada tabel 3 roda omni dipasang dengan perbedaan sudut antar roda adalah 120°. Perbedaan sudut tersebut menghasilkan nilai dan vektor pada sumbu x dan y. Dengan menerapkan persamaan (6) dan (7) sehingga robot dapat melakukan pergerakan ke kanan dan ke kiri tanpa mengubah arah hadap robot maka untuk pergerakan ke kiri roda 1 dan 2 harus bergerak searah jarum jam dan roda 3 bergerak berlawanan arah jarum jam dengan kecepatan 2 kali lebih cepat dari kecepatan roda 1 dan 2.

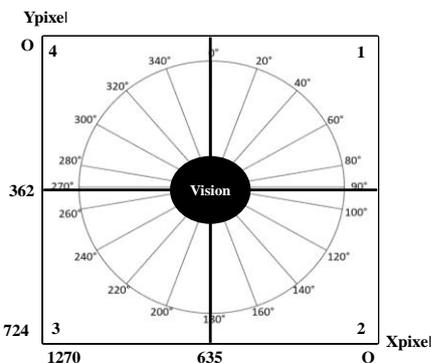
Sementara untuk pergerakan ke kanan roda 1 dan 2 harus bergerak berlawanan arah jarum jam dan roda 3 bergerak searah jarum jam dengan kecepatan 2 kali lebih cepat dari kecepatan roda 1 dan 2. Selanjutnya untuk pergerakan maju atau mundur roda 3 harus dalam keadaan diam dan untuk pergerakan serong kanan roda 2 dalam keadaan mati sedangkan untuk serong kiri roda 1 dalam keadaan mati.

Pengujian pergerakan pada tabel 3 akan dikondisikan dengan posisi keberadaan objek pada kamera 1 dan 2. Keberadaan objek dalam sistem deteksi objek kamera 1 dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Sistem Deteksi Objek Kamera 1

Pada gambar 17 sistem deteksi objek pada kamera 1 digunakan resolusi (640, 420) dan dibagi kedalam 9 bagian. Posisi objek Xpixel dan Ypixel pada bagian-bagian tersebut menjadi data variabel kamera_1 yang akan dikirim ke arduino mega 2560. Jika kamera 1 tidak mendeteksi keberadaan objek di depan robot maka sistem deteksi objek kamera 2 akan bekerja untuk mendeteksi keberadaan objek disekitar robot. Sistem deteksi objek kamera 2 dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18. Sistem Deteksi Objek Kamera 2

Pada gambar 18 sistem deteksi objek pada kamera 2 menggunakan resolusi (1270, 724), dan dibagi kedalam 4 posisi, pada sistem ini kamera

memanfaatkan pantulan lensa omni untuk dapat melihat 360°, koordinat objek pada Xpixel dan Ypixel menjadi data variabel kamera_2 yang akan dikirim ke arduino mega 2560. Apabila tidak ada objek yang dideteksi oleh kamera 1 dan 2 maka robot tidak akan bergerak. Pengujian pergerakan robot terhadap posisi objek yang dideteksi dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Pergerakan Robot Terhadap Posisi Objek

No	Data Koordinat		Kondisi / Pergerakan Robot
	Xpixel	Ypixel	
1	426 – 640	0 – 159	Kamera_1 = 1/ Serong Kiri
2	213 – 426	0 – 159	Kamera_1 = 2/ Maju Cepat
3	0 – 213	0 – 159	Kamera_1 = 3/ Serong Kanan
4	426 – 640	159 – 318	Kamera_1 = 4/ Kiri Cepat
5	213 – 426	159 – 318	Kamera_1 = 5/ Maju
6	0 – 213	159 – 318	Kamera_1 = 6/ Kanan Cepat
7	426 – 640	318 – 480	Kamera_1 = 7/ Kiri
8	213 – 426	318 – 480	Kamera_1 = 8/ Maju
9	0 – 213	318 – 480	Kamera_1 = 9/ Kanan
10	0 – 635	0 – 362	Kamera_2 = 1/ Putar Kanan
11	635 – 1270	0 – 362	Kamera_2 = 2/ Putar Kanan Cepat
12	0 – 635	362 – 724	Kamera_1 = 3/ Putar Kiri Cepat
13	635 – 1270	362 -724	Kamera_1 = 4/ Putar Kiri
14	0	0	Kamera_1 && Kamera_2 = 0/ Diam

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa metode *color filtering* HSV yang diterapkan dapat melakukan pendeteksian objek dengan baik sehingga *noise* pada hasil pengolahan citra dapat dihilangkan.

Penerapan metode tersebut pada *multivision* untuk sistem pendeteksian objek robot sepak bola beroda dapat memperluas area deteksi robot hingga 360°. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa jarak deteksi objek untuk kamera 1 adalah 12 meter sedangkan radius deteksi objek untuk kamera 2 adalah 4 meter. Penerapan *multivision* pada robot sepak bola dapat memberikan efektifitas pada sistem pergerakan robot. Hal ini disebabkan oleh lebih banyaknya kondisi pergerakan yang dapat dilakukan oleh robot. Serta

penggunaan 3 *omniwheels* sebagai sistem pergerakan pada robot sepak bola menciptakan sistem pergerakan robot yang *holonomic*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Raharjo Agung, Ibadillah Ahmad Fiqhi, Joni Koko, "Sistem Deteksi Objek dan Posisi pada Robot Sepak Bola Beroda *Middle Size* pada Sistem Kamera *Omni Vision* dengan *Scan Lines*" *the 6th Indonesian Symposium on Robotic System and Control*. 2018.
- [2] Simon, Andrea. "Implementasi *Color Model Filtering* HSV Untuk Mendeteksi Bola Pada Robot Sepak Bola Beroda". Medan: Universitas Sumatera Utara, 2018.
- [3] S. Kolkur, (2017), "*Human Skin Detection Using RGB, HSV, and YCBCr color Model*", Atlantis press.
- [4] Handriko, Irwan, Nugrah Iqbal, "Penerapan Metode *Color Filtering HSV* Untuk Pendeteksian Bola Pada Robot KRSBI Beroda" *the 6th Indonesian Symposium on Robotic System and Control*. 2018.
- [5] Zainal Abidin, "Rancang Bangun Robot Penghindar Halangan Berbasis Kamera Menggunakan Deteksi Kontur," Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura, Indonesia, 2017.
- [6] Tantra Pandu Surya, Ismail Muhammad Azhar, Ma'ruf Dhiaul, dkk "Penggunaan Kamera Global Untuk Menentukan Koordinat Robot Pada Lapangan" *the 6th Indonesian Symposium on Robotic System and Control*. 2018.
- [7] R. Wahyusari dan B. Haryoko. (2017) "Pemanfaatan *Mathematical Morphology* untuk Deteksi Tepi Batik", Jurnal Simetris, vol 8 no 1.
- [8] T. Fitrah dan S. Budi.(2018)"Robot Pengikut Posisi dengan Menggunakan Filter Warna HSV", Jurnal Integrasi, vol 10 no 2.
- [9] Anggri Yulio P. 2017. Operasi Morfologi Pada Pengolahan Citra di <https://devtrik.com/opencv/operasi-morfologi-pada-pengolahan-citra/> (diakses 4 Juni 2020).
- [10] Prianggodo, Laksono Budi. "Perancangan *Object Tracking* Robot Berbasis *Image Processing* Menggunakan *Raspberry Pi*". Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [11] Risfendra, Asfinaldi, Habibullah, Sardi Juli. "Sistem Pergerakan Robot Kiper Beroda Menggunakan Metode *Wall Follower* Berbasis *Image Processing*". ELKHA Jurnal Teknik Elektro Vol 12, No. 1, 2020
- [12] Moreno J, Clotet E, Lupiañez R, Tresanchez M, Martínez D, Pallejá T, et al. *Design, implementation and validation of the three-wheel holonomic motion system of the assistant personal robot (APR)*. *Sensors* (Switzerland). 2016;16(10).
- [13] Yani Ahmad, Joni Koko, Alfita Riza, "Sinkronisasi Pergerakan Robot Sepak bola Beroda Menggunakan Metode PID dan Odometry" *the 6th Indonesian Symposium on Robotic System and Control*. 2018.
- [14] Wibowo Irwan Kurnianto, Bactiar Mochamad Mobet, Bayu Bima, dkk "Penentuan Posisi Robot Menggunakan *Odometry Omniwheels*" *the 6th Indonesian Symposium on Robotic System and Control*. 2018.
- [15] Ristekdikti. (2018). Panduan KRSBI beroda 2018. Jakarta Pusat: Ristekdikti.

Biodata Penulis

Risfendra, S.Pd, MT, Ph.D, lahir di Riau, 13 Februari 1979. Sarjana Teknik Elektronika di Universitas Negeri Padang, lulus tahun 2004, S2 Teknik Sistem Pengaturan, ITS tahun 2008. S3 Shouten Taiwan University, of science and technology, Taiwan tahun 2017. Staf pengajar pada Jurusan Teknik Elektro FT UNP sejak tahun 2005 – sekarang.

Aldo Aulia Akbar, lahir di Padang, 27 Januari 1999. Mahasiswa di jurusan Teknik Elektro FT UNP sejak tahun 2016 – sekarang.

Firdaus, S.T, M.T, lahir di Bengkulu, 1977. Sarjana Teknik Elektronika di ITS, lulus tahun 2002, S2 Teknik Elektronika, ITS lulus tahun 2011. Staf pengajar pada Departemen Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang.