

# Sistem Deteksi dan Pelacakan Bola dengan *Metode Hough circle Transform* Menggunakan Kamera *Omnidirectional* pada Robot Sepak Bola Beroda

Ricky Mardana Putra, Ricky Dwi Puriyanto  
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

## INFORMASI ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Dikirimkan 31 Agustus 2021  
Direvisi 19 November 2021  
Diterima 30 Desember 2021

### Kata Kunci:

Robot Beroda;  
Kamera *Omnidirectional*;  
*Houghcircle transform*;  
*Colour Filtering*;  
Deteksi Bola

### Penulis Korespondensi:

Riky Dwi Puriyanto,  
Program Studi Teknik Elektro,  
Universitas Ahmad Dahlan  
Kampus 4 UAD, Jln. Ring  
Road Selatan, Tamanan,  
Banguntapan, Bantul,  
Yogyakarta, Indonesia.

Surel:  
[rikydp@ee.uad.ac.id](mailto:rikydp@ee.uad.ac.id)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



## ABSTRACT / ABSTRAK

*This research develops a wheeled soccer robot or KRSBI-B in detecting and tracking the ball using an omnidirectional camera. The disadvantage of the previous robot is that the robot is less accurate in detecting the ball because the robot's visibility to the ball and the intensity of light on the field are different. With the Hough circle transform method and color filtering, this study conducted several tests such as detecting the ball if it was covered by an opposing robot, then getting the coordinates of the robot's distance from the ball, and testing different light intensities in the room. The results achieved are that the system can detect and track the ball with the results of object detection between the robot and the ball from the front, the result is the difference in coordinates (x, y) on pixels and coordinates (x, y) references with an overall average error value of 0, 14%. Detection of objects between the robot and the ball from all directions with 24 times of testing the results obtained accuracy and precision of 100% and a miss rate of 0%, then on testing changes in lighting intensity with 4 different lighting tests and different distances, accuracy and precision results are obtained. by 100% with a miss rate of 0%. Detection of the ball if it is covered by the robot, the system is able to detect the ball up to 75% of the range of objects on the side of the ball and shows an average Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) image quality of 39.6% with good image quality results indicated by a high PSNR value tall.*

Penelitian ini mengembangkan robot sepak bola beroda atau KRSBI-B dalam mendeteksi dan melacak bola menggunakan kamera *omnidirectional*. Kekurangan pada robot sebelumnya yaitu kurang akuratnya robot dalam mendeteksi bola karena jarak pandang robot terhadap bola dan intensitas cahaya di lapangan yang berbeda-beda. Dengan metode *Hough circle transform* dan *colour filtering* penelitian ini melakukan beberapa pengujian seperti mendeteksi bola jika tertutup oleh robot lawan, kemudian mendapatkan koordinat jarak robot terhadap bola, dan pengujian intensitas cahaya yang berbeda-beda di dalam ruangan. Hasil yang dicapai yaitu sistem dapat mendeteksi dan melacak bola dengan hasil dari deteksi objek antara robot dan bola dari arah depan didapatkan hasil selisih koordinat (x, y) pada pixel dan koordinat (x, y) referensi dengan keseluruhan nilai error rata-rata 0,14%. Deteksi objek antara robot dan bola dari segala arah dengan 24 kali pengujian didapatkan hasil akurasi dan presisi sebesar 100% dan *miss rate* 0%, kemudian pada pengujian perubahan intensitas pencahayaan dengan 4 kali pengujian pencahayaan yang berbeda dan jarak yang berbeda di dapatkan hasil akurasi dan presisi sebesar 100% dengan *miss rate* 0%. Pendeteksian bola jika tertutup oleh robot, sistem mampu mendeteksi bola hingga rentang objek sisi bola terlihat 75% dan menunjukkan hasil kualitas citra *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) rata-rata 39,6% dengan hasil kualitas citra yang baik ditunjukkan dengan nilai PSNR yang tinggi.

### Sitasi Dokumen ini:

R. M. Putra and R. D. Puriyanto, "Sistem Deteksi dan Pelacakan Bola dengan Metode Hough circle Transform Menggunakan Kamera *Omnidirectional* pada Robot Sepak Bola Beroda," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 3, no. 3, pp. 176-184, 2021. DOI: [10.12928/biste.v3i3.4786](https://doi.org/10.12928/biste.v3i3.4786)

## 1. PENDAHULUAN

Robot sepakbola adalah sebuah pengaplikasian jenis robot pada bidang olah raga sepakbola. Salah satu perlombaan robot yang diadakan oleh (Ristekdikti) adalah Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBI-B), di mana perlombaan ini merupakan perlombaan robot yang bermain bola layaknya manusia namun robot yang digunakan merupakan robot yang bergerak atau bermanuver menggunakan roda dan melakukan permainan secara otomatis tanpa adanya campur tangan manusia dengan memanfaatkan sensor kamera *omnidirectional* sebagai alat visualisasi dan pencitraan bola. Sensor ini layaknya mata sehingga robot mampu melihat posisi bola berada di dalam lapangan. Kekurangan pada robot yaitu kurang akuratnya robot dalam mendeteksi bola, jarak pandang robot terhadap bola, dan intensitas cahaya di lapangan yang berbeda-beda sehingga membuat robot sulit untuk mendeteksi dan melacak bola dengan baik. Dengan metode *Hough circle transform* dan *colour filtering* penelitian ini menunjukkan beberapa pengujian yang telah dilakukan seperti mendeteksi bola jika tertutup oleh robot lawan, kemudian mendapatkan koordinat jarak robot terhadap bola, dan pengujian intensitas cahaya yang berbeda-beda di dalam ruangan

Kombinasi antara deteksi warna dan bentuk akan semakin meminimalisir kesalahan sistem deteksi bola akibat adanya objek lain yang memiliki warna yang sama dengan warna bola [1]. Untuk pengambilan gambar dilakukan dengan arah 360° dengan kamera menghadap ke atas dan cermin omni menghadap ke bawah sehingga menghasilkan gambar dari segala arah [2]. Kemampuan mengenali objek tertentu dalam berbagai kondisi lingkungan merupakan salah satu syarat agar teknologi pengolahan citra ini dapat dikatakan andal [3]. Faktor cahaya berpengaruh besar terhadap hasil pengujian [4].

Pada bola menggunakan hasil deteksi transformasi lingkaran tinggi lebih cepat daripada hasil deteksi menggunakan deteksi titik [5]. Sistem kontrol dapat bekerja secara otomatis dalam banyak cara [6]. Pada sistem prediksi dengan interpolasi polynomial akurasi prediksi didapatkan 20 % yang membutuhkan peningkatan sistem metode interpolasi agar akurasi meningkat [7]. Metodenya adalah dengan mengubah citra dari RGB ke skala abu-abu [8]. Metode Laplacian of Gaussian harus diterapkan dalam program Matlab Agar program yang berjalan sesuai dengan perancangan aplikasi deteksi tepi ini [9]. Robot dapat mendeteksi objek berupa gawang dan bola berdasarkan warna dengan intensitas cahaya lingkungan pada kondisi siang dan malam [10].

Permasalahan perubahan warna bola (oranye) dan pergerakan dinamis bola dideteksi dengan metode *hough circle* [11]. Pengembangan. Jarak benda bulat yang terdeteksi kamera dipengaruhi oleh diameter benda bulat [12]. Jarak antara bola dan robot dihitung dengan menggunakan hubungan antara diameter bola yang terdeteksi oleh sistem dan diameter pada jarak referensi [13]. Menerapkan metode learning dengan tambahan algoritma deteksi lapangan untuk mengenali bola dengan pola yang beragam dan mampu mengeliminasi noise dari objek lain yang memiliki warna serupa dengan bola [14]. Kemampuan sistem dalam mengenali 3 buah objek warna yaitu merah dan biru pada robot serta oranye pada bola [15].

Pelacakan bola untuk robot sepak bola menggunakan metode pelacakan bola yang kuat untuk robot sepak bola yang mampu melacak berbagai jenis di berbagai iluminasi dan oklusi menggunakan kombinasi *Histogram of Oriented Gradients (HOG)* dan *Linear Support Vector Machine (Linear-SVM)* untuk mendeteksi bola, Skema pelacakan bola yang diusulkan dapat berjalan dengan baik yang dibuktikan dengan akurasi dan presisi yang tinggi dari hasil evaluasi kinerja [16].

Maka Dilakukan penelitian dengan judul “Sistem Deteksi dan Pelacakan bola dengan Metode *Hough Circle Transform* Menggunakan Kamera *Omnidirectional* Pada Robot KRSBI-B”. maka pada penelitian ini akan dikembangkan algoritma metode *hough circle transform* dan *Colur Filtering* yang dapat memperbaiki dan menambahkan kekurangan yang ada.

## 2. METODE PENELITIAN

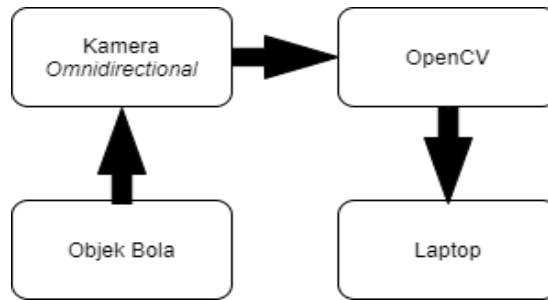
Pada penelitian ini menggunakan robot KRSBI-Beroda UAD dengan memanfaatkan sensor kamera *omnidirectional* sebagai alat visualisasi dan pencitraan bola. Sensor ini layaknya mata sehingga robot mampu melihat posisi bola berada di dalam lapangan. Penelitian ini hanya fokus pada visualisasi pada robot dengan menggunakan Kamera *webcam* c920 ditambah cermin 360 derajat dan dikelilingi dengan tabung akrilik dan diproses menggunakan *openCV* 4.3 serta laptop sebagai *main controller* dan bola sebagai objek utama pendeteksian.

### 2.1. Desain Sistem

Diagram blok sistem Robot merupakan sistem yang dijalankan oleh robot. Inputan dari *webcam* dikirimkan ke laptop dengan komunikasi *serial* dan diproses menggunakan proses *vision* *Opencv* untuk mendeteksi objek dapat dilihat pada Gambar 1.

Teknik pengambilan gambar atau citra yang menggunakan kamera dan menghasilkan gambar yang dapat menampilkan citra dari berbagai arah, baik itu arah depan, arah belakang, samping kanan maupun samping kiri dan bola sebagai objek utama pendeteksian yang ditangkap oleh kamera *omnidirectional* kemudian di proses dan diolah menggunakan *library opencv* sehingga menghasilkan pendeteksian yang ingin dicapai dan laptop

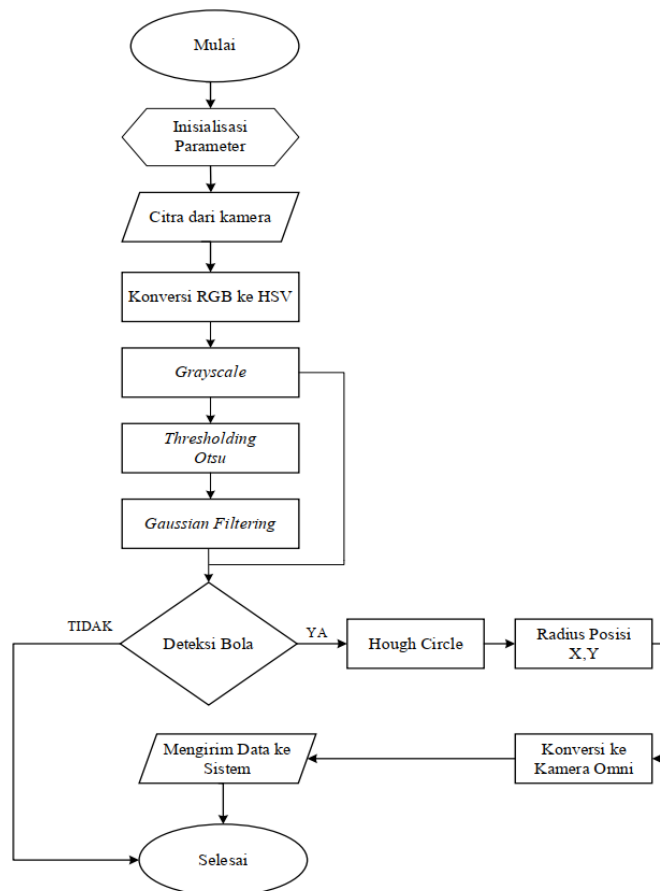
sebagai *main controller* Pada penelitian ini, teknik pengambilan citra dengan *omnidirectional camera* memanfaatkan sebuah cermin cembung yang dihadapkan ke bawah dan kamera yang dihadap ke atas (ke arah cermin cembung), sehingga citra yang akan ditangkap oleh kamera merupakan pantulan cermin cembung yang mampu memperlihatkan keadaan atau kondisi di sekitar robot dan dari segala arah.



Gambar 1. Diagram blok sistem vision

2.2. Metode

Diagram alir sistem (*flowchart*) ditunjukkan pada Gambar 2. Proses untuk pendeteksian dan pelacakan objek bola menggunakan dua metode yaitu *Colour Filtering* dan *Houghcircle Transform*. Dimulai saat sistem menginisialisasi parameter dengan jarak deteksi bola yang dicakup oleh *kamera omnidirectional* sejauh 400cm, dan menghasilkan citra pada kamera yang akan diolah dengan 2 metode tersebut.

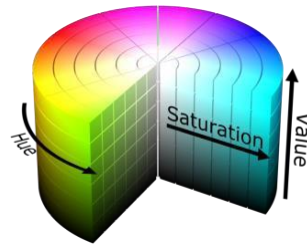


Gambar 2. Flowchart Sistem

Colour Filtering

Sistem *colour filtering* (Gambar 3) digunakan untuk memisahkan objek-objek berdasarkan warna dari objek yang ingin dideteksi, dengan menggunakan *colour filtering* dapat lebih fokus untuk mengolah objek, metode tambahan yang digunakan pada proses *colour filtering* ini yaitu pengkalibrasi warna yang digunakan untuk melakukan pencarian atau penyesuaian terhadap warna dari objek yang akan dideteksi di dalam citra

yang akan memberikan sebuah *trackbar* untuk memudahkan dalam menentukan rentang warna dari objek yang akan dideteksi [17].



Gambar 3. Colour Filtering

### Konversi RGB ke HSV

RGB merupakan kependekan dari *Red, Green, Blue*. Warna – warna yang dibentuk oleh model warna merupakan hasil campuran dari warna-warna primer merah, hijau, dan biru berdasarkan komposisi tertentu [18]. HSV merupakan kependekan dari *Hue, Saturation, dan Value*. Warna tersebut adalah *Hue* menyatakan warna sebenarnya, seperti merah, violet, dan kuning dan digunakan menentukan kemerahan (*Redness*), kehijauan (*Greeness*), dsb. *Saturation* kadang disebut *chroma*, adalah kemurnian atau kekuatan warna. *Value* kecerahan dari warna. Nilainya berkisar antara 0-100 %. Apabila nilainya 0 maka warnanya akan menjadi hitam [19].

### Proses Threshold

Proses *thresholding* atau binerisasi pada prinsipnya adalah melakukan perubahan nilai derajat keabuan menjadi dua nilai yaitu 0 atau warna hitam dan 1 atau warna putih. Pemilihan nilai *threshold* yang digunakan berpengaruh terhadap ketajaman suatu citra [20]. Secara umum untuk menghasilkan citra biner seperti persamaan berikut.

$$g(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{jika } ff(xx, yy) \geq TT \\ 1 & \text{jika } ff(xx, yy) < TT \end{cases} \quad (1)$$

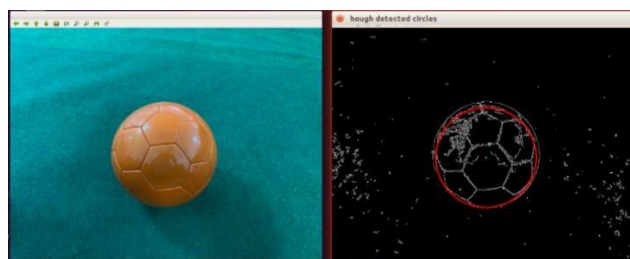
Dengan  $g(x, y)$  adalah citra biner dari citra *Grayscale*  $ff(x, y)$  dan T adalah nilai *threshold*. Sehingga didapatkan hasil dari proses *filtering threshold* dengan objek bola terlihat berwarna putih dengan nilai 1 dan *background* objek berwarna latar hitam sehingga memudahkan sistem untuk mendeteksi objek bola berwarna orange yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Thresholding

### Hough Circle Transform

*Hough Circle Transform* adalah teknik ekstraksi dasar yang digunakan dalam pemrosesan gambar untuk mendeteksi objek lingkaran dalam agar mengetahui jarak bola dan titik koordinat bola pada jarak yang ditentukan [11]. Hasil proses metode tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.

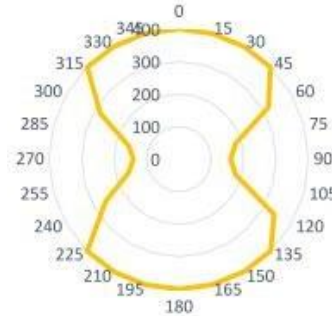


Gambar 5. HoughCircle Transform

Kemudian pada *frame* akan didapatkan nilai parameter  $x$ ,  $y$ , dan radius lingkaran pada objek bola yang terdeteksi dengan persamaan 1 berikut

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

dengan  $(a, b)$  adalah pusat lingkaran, dan  $r$  adalah jari-jarinya. Dengan sudut bernilai  $0 - 360$  derajat, dan parameter  $(x, y)$  akan langsung mengikuti perubahan tiap kali objek bola berpindah dengan menempatkan objek bola di jarak 0-400 cm setiap interval 30cm.



**Gambar 6.** Parameter titik sudut pada kamera *omnidirectional*

Dan mengonversi arah titik koordinat objek bola ke dalam sistem, sehingga sistem dapat melihat titik koordinat keberadaan bola  $x$ ,  $y$  dan juga sudut pada hasil citra yang ditangkap oleh kamera *omnidirectional*.

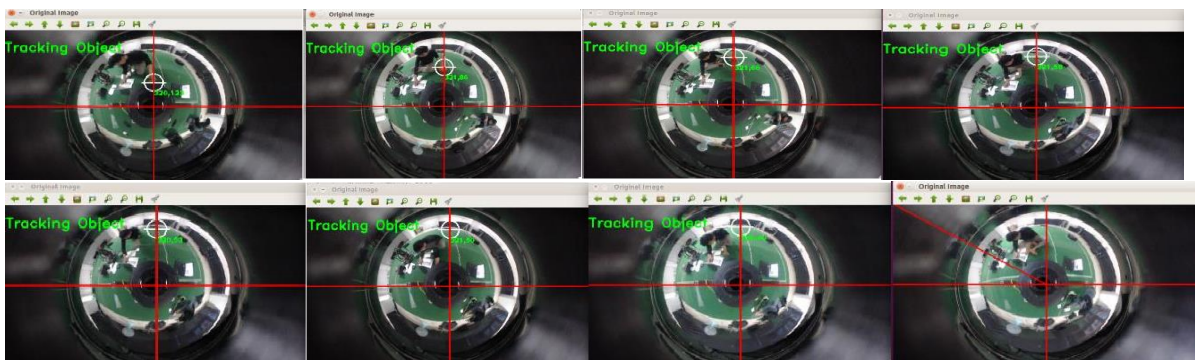
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses awal yang dilakukan pada penelitian ini yaitu mengonversi citra RGB yang dihasilkan oleh citra kamera pada sistem ke HSV (*Hue, Saturation, Value*) dengan skala keabuan dan di konversi ke dalam model warna citra grayscale, kemudian diproses dengan *thresholding* dengan melakukan perubahan nilai derajat skala keabuan menjadi dua nilai yaitu 0 atau warna hitam dan 1 atau warna putih. Selanjutnya untuk mendeteksi lingkaran pada objek menggunakan metode *houghcircle* Transform. Teknik ini digunakan dalam pemrosesan gambar mendeteksi lingkaran, mengetahui jarak lingkaran bola dan titik koordinat bola pada jarak yang ditentukan, lalu digabungkan menjadi satu parameter percobaan dalam sebuah sistem yang dapat mendeteksi dan melacak bola dalam sebuah citra secara *realtime* yang nantinya akan diuji dengan beberapa pengujian yang akan dilakukan di antaranya yaitu Pengujian Jarak pandang deteksi objek bola terhadap robot, Pengujian Perubahan Pencahayaan, dan Pengujian pendeteksian bola jika objek (bola) tertutup oleh robot lawan.

#### 3.1. Pengujian Jarak Pandang Deteksi Objek Bola

Pengujian pertama akan dilakukan untuk mengetahui jarak tangkap yang dapat dilakukan sistem dari hasil citra *omnidirectional camera*. Pengukuran jarak dilakukan dimulai dari titik tengah dimensi robot 30cm ke arah depan bola.

Pada pengujian jarak pada Tabel 1, terdapat delapan kali pengujian disudut 360 derajat dengan masing-masing pengujian dari jarak 30cm-400cm yang memiliki lebar lapangan KRSBI-B keseluruhan mencapai 9 Meter dan objek bola berhasil dideteksi dengan rata-rata jarak sejauh hingga 390 cm. Dan didapatkan hasil jarak  $x$  dan  $y$  dari pixel dan  $x$  dan  $y$  referensi dengan error rata-rata -0,01% dengan objek bola terdeteksi yang dapat dilihat di Gambar 8.



**Gambar 7.** Gambar hasil citra jarak pandang deteksi objek bola



**Tabel 1.** Pengujian jarak pandang deteksi objek bola

Jarak Robot (cm)	$x, y (px)$	$x, y (r)$	Error (%)	Sudut <sup>o</sup>	Ket.
30	320,123	320,240	0,03	360	Objek Terdeteksi
90	321,87	320,240	-0,05	360	Objek Terdeteksi
150	321,66	320,240	-0,04	360	Objek Terdeteksi
210	321,58	320,240	-0,04	360	Objek Terdeteksi
270	320,53	320,240	0,05	360	Objek Terdeteksi
330	321,50	320,240	-0,03	360	Objek Terdeteksi
390	321,49	320,240	-0,03	360	Objek Terdeteksi
400	320,240	320,240	0,00	360	Objek Tidak Terdeteksi
<b>Rata-rata (%)</b>			-0,01375		

Dengan  $* x, y(px) = x, y \text{ pixel}, * x, y(r) = x, y \text{ referensi}$

**3.2. Pengujian Perubahan Cahaya**

Pengujian selanjutnya yaitu perubahan intensitas pencahayaan dimulai dari pencahayaan redup sampai dengan pencahayaan yang terang dengan menggunakan lampu RM 2x36watt, pengukuran tingkat kecerahan yang ada di lapangan menggunakan *software "Lux Light Meter"* yang digunakan untuk mengukur intensitas atau kecerahan cahaya pada permukaan benda. Hasil dan pengujian dari perubahan pencahayaan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengujian perubahan pencahayaan

Tingkat Kecerahan (Lux)	Citra di lapangan	Hasil
		Objek Bola Terdeteksi
		Objek Bola Terdeteksi
		Objek Bola Terdeteksi
		Objek Bola Terdeteksi



**Gambar 8.** Gambar hasil citra jarak pandang deteksi objek bola

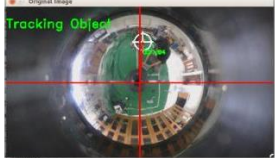
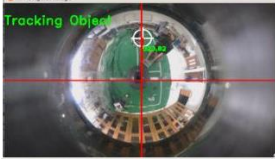
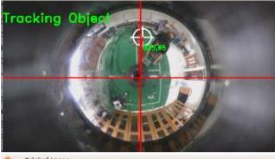

Pada pengujian di atas dilakukan pengujian di dalam ruangan dengan menggunakan lampu RM2×36watt di beberapa titik dengan empat kali pengujian dengan setiap pengujian lampu akan dimatikan di beberapa titik dimulai dari yang paling redup dengan menyalakan satu lampu RM2×36watt dan lampu lainnya dimatikan didapatkan hasil “Lux Light Meter” sebesar 50 Lux pada sistem, dan selanjutnya menyalakan 2 buah lampu RM2×36watt menghasilkan 94 Lux selanjutnya menyalakan 3 buah lampu RM2×36watt menghasilkan 144lux dan bola masih terdeteksi, dan yang terakhir menyalakan 4 buah lampu RM2×36watt menghasilkan 179 Lux dan sistem juga masih dapat mendeteksi objek bola di lapangan.

Pada baris ke-1 tabel, terlihat bahwa hanya 1 area lampu yang menyala, sehingga menghasilkan penerangan yang kurang merata di arena lapangan, Sistem masih mengenali Objek bola, hal ini terlihat pada hasil citra yang menampilkan deteksi objek bola. Pada baris ke-2 tabel, dua area lampu yang menyala terlihat arena lapangan dengan pencahayaan yang cukup merata, Tingkat pencahayaan masih mirip dengan baris ke-1 tabel, sehingga kemungkinan pembacaan objek bola dapat dilakukan dengan baik dan objek masih terlihat. Pada baris ke-3, tiga area lampu dinyalakan, hasil pencahayaannya yang merata di seluruh area lapangan namun dengan hasil citra yang memiliki kelebihan pencahayaan, Hasil citra masih mampu dapat membaca objek bola dengan baik dengan pencahayaan yang baik Pada baris ke-4, semua lampu dinyalakan, terlihat pencahayaan yang lebih terang di area lapangan, Hasil citra hampir sama dengan baris ke 3, dengan objek bola masih dapat dideteksi dengan pencahayaan yang lebih terang.

### 3.3. Pengujian Pendeteksian Bola jika Tertutup oleh Robot Lawan

Pengujian selanjutnya yaitu menguji sistem apakah sistem mampu mendeteksi objek bola jika bola tertutup oleh robot lawan. Hasil dan pengujian dari sistem ini dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Pengujian Pendeteksian Bola Jika tertutup oleh robot lawan

Sisi Bola Terlihat	Citra Pada Kamera	Hasil
100%		Objek Terdeteksi
75%		Objek Terdeteksi
50%		Objek Terdeteksi
25%		Objek Terdeteksi

Dari pengujian di atas sistem mampu mendeteksi bola dengan sisi objek bola hingga 25% sampai objek bola benar-benar tertutup oleh robot lawan sehingga sistem tidak dapat mendeteksi objek bola jika keseluruhan bola tertutup oleh robot lainnya. Bola terdeteksi dapat dilihat dari jendela image thresholding yang menampilkan titik putih jika bola masih dapat terdeteksi.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas, dapat diambil kesimpulan yaitu Sistem sudah mampu mendeteksi dan melacak bola dengan hasil dari deteksi objek antara robot dan bola dari arah depan didapatkan hasil selisih koordinat (x, y) pada pixel dan koordinat (x, y) referensi dengan keseluruhan nilai error rata-rata 0,14%, dan deteksi objek antara robot dan bola dari segala arah dengan 24x pengujian di dapatkan hasil akurasi dan presisi sebesar 100% dan miss rate 0%, kemudian pada pengujian perubahan intensitas pencahayaan dengan 4x kali pengujian pencahayaan yang berbeda dan jarak yang berbeda di dapatkan hasil akurasi dan presisi sebesar

100% dengan *miss rate* 0%, kemudian pendeteksian bola jika tertutup oleh robot, sistem mampu mendeteksi bola.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk semua yang telah terlibat di penelitian ini. Saya harap penelitian ini dapat bermanfaat untuk banyak orang dan semoga ke depannya dapat dikembangkan lagi, karena penelitian ini jauh dari kata sempurna.

#### REFERENSI

- [1] R. A. Fatekha, B. Sena, B. Dewantara, and H. Oktavianto, "Sistem Deteksi Bola pada Robot Kiper Pemain Sepak Bola Beroda," *Jurnal Integrasi*, vol. 13, no. 2, pp. 127–134, 2021. <https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JI/article/view/3133>
- [2] D. Suryawan, "Rancang Bangun Robot Sepak Bola Berbasis Android," *J. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, p. 57, 2020. <https://doi.org/10.22441/jtm.v9i1.7992>
- [3] B. C. Wibowo, F. Nugraha, and A. P. Utomo, "Uji Deteksi Objek Bentuk Bola Dengan Menerapkan Metode Circular Hough Transform," *J. Inform. Upgris*, vol. 7, no. 1, 2021. <https://doi.org/10.26877/jiu.v7i1.8309>
- [4] K. Firdausy and U. C. Purwa, "Image processing using Otsu and Hough Circle Transform Methods for the Prototype of Apples Sorting Tool," *Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf.*, pp. 1–7, 2019. <https://journal.uin.ac.id/Snati/article/viewFile/13394/9492>
- [5] E. M. Pamungkas, B. A. A. Sumbodo, and I. Candradewi, "Sistem Pendeteksi dan Pelacakan Bola dengan Metode Hough Circle Transform, Blob Detection, dan Camshift Menggunakan AR.Drone," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2017. <https://doi.org/10.22146/ijeis.15405>
- [6] M. B. Sholahuddin, "Analisa Perubahan Warna Hsv Pada Pengolahan Citra Terhadap Intensitas Cahaya Sebagai Dasar Penerapan Masukan Kontrol Automatic Stacking Crane," Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017. <https://repository.its.ac.id/45896/>
- [7] N. Setyawan, N. A. Mardiyah, and K. Hidayat, "Deteksi dan Prediksi Trajektori Objek Bergerak dengan Omni-Vision Menggunakan Pso-Nn dan Interpolasi Polynomial," *Multitek Indonesia*, vol. 13, no. 1, p. 66, Aug. 2019. <http://dx.doi.org/10.24269/mtkind.v13i1.1691>
- [8] D. B. Jatmiko, G. E. Setyawan, and H. Fitriyah, "Sistem Tracking Objek Menggunakan Metode Edge Detection pada Quadcopter," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 8, pp. 8031–8036, 2019. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/6099>
- [9] E. D. Prasetyo, "Deteksi Tepi Menggunakan Metode Laplacian of Gaussian Pada Citra Bola Futsal," *Jurnal TIN: Terapan Informatika Nusantara*, vol. 1, no. 6, pp. 309–316, 2020. <https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/tin/article/view/527>
- [10] M. B. Satriyo, K. Anam, and M. A. P. Negara, "Sistem Kontrol Robot Sepak Bola Beroda menggunakan Finite State Machine (FSM)," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 9, no. 2, pp. 344–358, 2021. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v9i2.344>
- [11] 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. 3, pp. 21–31, 2020. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v5i1.20794>
- [12] N. Khamdi, M. Susantok, and P. Leopard, "Pendeteksian Objek Bola dengan Metode Color Filtering HSV pada Robot Soccer Humanoid," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, p. 123, Jul. 2017. <https://doi.org/10.25077/jnte.v6n2.398.2017>
- [13] T. M. A. Triyono, H. Fitriyah, and M. H. 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. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/4378>
- [14] M. Pajar and K. Putra, "Deteksi Bola Multipola Memanfaatkan Ekstraksi Fitur Local Binary Pattern dengan Algoritma Learning Adaboost," *Journal of Engineering, Computer Science and Information Technology (JECSIT)*, vol. 1, no. 1, pp. 118–122, 2021. <http://jurnal.teknokrat.ac.id/index.php/JECSIT/article/view/1>
- [15] R. Nugraha and N. Ibrahim, "Sistem Kontrol Robot Sepak Bola berbasis Deteksi Multi Warna dengan PID Controller," *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 19, no. 2, pp. 184–193, 2017. <https://doi.org/10.24912/tesla.v19i2.2700>
- [16] R. D. Puriyanto and A. Prahara, "Robust ball tracking scheme for soccer robot under various illuminations and occlusions," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 403, no. 1, 2018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/403/1/012041>
- [17] N. Khamdi, M. Susantok, and P. Leopard, "Pendeteksian Objek Bola dengan Metode Color Filtering HSV pada Robot Soccer Humanoid," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, p. 123, 2017. <https://doi.org/10.25077/jnte.v6n2.398.2017>
- [18] S. R. G. B. Grayscale, "Perbaikan Hasil Segmentasi Hsv Pada Citra Digital Menggunakan Metode Segmentasi Rgb Grayscale," *Edu Komputika J.*, vol. 6, no. 1, pp. 32–37, 2019. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/edukom/article/view/23025>
- [19] Irfan, S. Widayati dan I. P. Wardhani, "Analisa Segmentasi Warna Hsv Pada Citra Video Dengan Metode Threshold," *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Komun. STI&K*, vol. 4, no. 1, pp. 339–345, 2020. <https://ejournal.jak->



[stik.ac.id/index.php/sentik/article/view/323](http://stik.ac.id/index.php/sentik/article/view/323)

- [20] A. M. Rizal, "Implementation of a Ball Tracking System In Image Processing Using the Find Contour Method Implementasi Sistem Tracking Bola Pada Pengolahan Citra Menggunakan Metode Find Contour," *J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 105–114, 2020. <https://doi.org/10.21070/jeeeu.v4i2.314>

#### BIOGRAFI PENULIS



**Ricky Mardana Putra** adalah mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta



**Riky Dwi Puriyanto** adalah Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.