

Sistem Pengenalan Bola dan Gawang Pada Robot Sepakbola Beroda Berbasis Mesin Visi

Tofik Nurochman¹, Nuryono Satya Widodo², Kartika Firdausy³

Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

¹tofik216nurochman@gmail.com, ²nuryono.sw@ee.uad.ac.id, ³kartika@ee.uad.ac.id

Abstract—Dalam pertandingan robot sepak bola beroda robot dituntut harus dapat bergerak secara *autonomous*, serta dapat mengenali bola, gawang, serta parameter lain yang berada di lapangan yang dapat digunakan sebagai bagian dari strategi robot. Selain itu robot juga harus mampu membedakan antara gawang sendiri dengan gawang lawan. Penerapan pengolahan citra digital merupakan salah satu pilihan yang tepat yang dapat diimplementasikan pada robot agar robot dapat mengenali bola, gawang maupun objek lain. Pengolahan citra menggunakan metode *houghcircle* dan *cornerharris* merupakan metode pendeteksian bola dan gawang yang telah dikembangkan oleh tim robot sepakbola beroda Universitas Ahmad Dahlan. Metode tersebut menggunakan parameter warna dan bentuk sebagai acuan untuk pendeteksian bola dan gawang, serta menggunakan parameter lain yaitu warna hijau lapangan. Dengan menggunakan metode tersebut robot dapat mendeteksi bola dan gawang yang berada di atas objek yang berwarna hijau dan dapat membedakan objek yang serupa gawang yang berada di sekitarnya, Sementara hardware menggunakan sebuah mini PC yang diprogram menggunakan software UltraVNC, dimana software tersebut dapat dimasukkan library OpenCV. Hasil pengujian penerapan metode *hough circle* dan *corner harris* pada robot memiliki keakuratan tinggi untuk mendeteksi bola mencapai 88,8 % sementara untuk mendeteksi gawang memiliki keakuratan mencapai 66,6 %.

Kata kunci: *Robot Sepakbola, Houghcircle, Cornerharris*

I. PENDAHULUAN

Kontes Robot Sepakbola Beroda (KRSBI) merupakan salah satu divisi dalam kontes robot Indonesia yang di adakan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (KEMENRISTEKDIKTI), dimana divisi ini robot dirancang bersifat *mobile* robot yang menggunakan roda sebagai penggerakannya, adapun misi dari robot divisi robot sepak bola beroda yaitu memainkan bola layaknya manusia, yaitu mampu mengenali bola, menggiring bola, menendang bola serta dapat mengenali gawang. Pada robot sepakbola beroda menggunakan sistem mesin visi yang digunakan untuk mengenali bola, gawang maupun objek lain yang ada di sekitaran pada saat pertandingan. Robot sepakbola beroda merupakan salah satu robot yang menggunakan teknik navigasi global, dimana informasi mengenai lingkungan robot, posisi dan orientasi robot, posisi bola dan posisi lawan ditentukan melalui sistem visi[1]. Dalam pertandingan sepakbola robot beroda, robot dituntut agar dapat mendeteksi bola dan gawang serta dapat mengetahui komponen lain yang terdapat pada lapangan pertandingan sehingga robot dapat memainkan sepakbola seperti

layaknya manusia bermain sepakbola. Untuk itu robot harus memiliki kemampuan dasar dalam bermain sepakbola seperti mengenali bola, mengenali gawang, menggiring bola dan menendang bola serta robot dapat berorientasi terhadap perannya di lapangan pertandingan.

Pengolahan citra merupakan salah satu bagian dari mesin visi yang dapat di manfaatkan sebagai objek penelitian pada robot sepakbola beroda[2]. Pengolahan citra menggunakan analisis segmentasi warna yang dapat di olah dengan beberapa model di antaranya, RGB, CMY, HSI, HSV dan normalized RGB[3], Salah satu model yang paling banyak digunakan yaitu model RGB dan HSV karena algoritma pemrograman yang sederhana dan cepat dalam pemrosesan, sehingga sangat cocok untuk di terapkan dalam robot sepakbola untuk sistem deteksi bola dan gawang.

Permasalahan yang sering timbul pada pemanfaatan pengolahan citra sebagai bagian dari mesin visi pada robot sepakbola beroda yaitu perubahan intensitas cahaya pada saat proses deteksi yang dapat mempengaruhi segmentasi warna dari objek yang di deteksi, perubahan intensitas cahaya biasanya terjadi karena perbedaan jumlah lampu yang digunakan serta banyaknya lampu lain di sekitar lapangan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan RD. Kusumanto, Alan Novi Tomponu, tentang pengolahan citra digital untuk mendeteksi obyek menggunakan pengolahan warna model normalisasi RGB, dengan menggunakan model ini, sebuah obyek dengan warna tertentu dapat di deteksi dan terbebas dari pengaruh perubahan intensitas cahaya dari luar. Kelemahan dari pengolahan warna model ini adalah tidak dapat membedakan warna hitam dan putih, karena memiliki prosentase nilai RGB yang sama yaitu 33%. Guna melihat pengaruh pendeteksian obyek terhadap perubahan intensitas cahaya maka nilai *brightness* di ubah-ubah. Berdasarkan hasil tersebut pada saat nilai *brightness* antara 1 – 80 obyek target yang diinginkan masih dapat di deteksi. [2]

Berdasarkan permasalahan yang di temui maka perlu dikembangkan suatu algoritma pemrograman pengolahan citra yang dapat mendeteksi objek pada intensitas cahaya yang berubah-ubah serta dapat memproses maupun mengirim data hasil deteksi objek ke robot secara cepat. Pada penelitian ini salah satu algoritma pemrograman yang di terapkan pada robot sepakbola beroda untuk mendeteksi bola dan gawang yaitu menggunakan metode *Hough circle* dan *Corner harris*. Harapannya bahwa dengan penelitian ini robot akan mampu

mendeteksi bola pada keadaan intensitas cahaya yang berubah-ubah serta dapat mendeteksi secara cepat dan akurat.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Sistem deteksi yang digunakan memanfaatkan tanda visual sebuah objek seperti bentuk, sudut, garis yang berada pada lapangan yang kemudian di padukan dengan ciri visual yang di deteksi, sehingga dapat membedakan antara bola, gawang maupun objek serupa yang berada di luar lapangan.

A. Filter Warna (Color Filtering).

Filter warna merupakan suatu teknik pengolahan citra untuk memanipulasi citra berdasarkan warna khusus. Cara kerjanya yaitu dengan membandingkan antara komponen warna pada setiap *pixel* citra dengan warna spesifik yang digunakan.[4] *Color Filtering* dapat merepresentasikan warna dalam berbagai model, di antaranya RGB (Red, Green, Blue), HSV (Hue, Saturation, Value).

B. Model HSV.

Model ruang warna HSV memiliki 3 komponen yaitu, *Hue*, *Saturation*, dan *Value*. Model warna HSV dapat mendeteksi ciri visual seperti yang di tangkap oleh indera manusia.

Ada sebuah metode untuk mengkonversi HSV ke RGB yang digunakan sebagai berikut:

Pertama-tama cari nilai maksimum dan minimum dari ketiga komponen RGB.

1. Satruation (S) :

$$S = (\max - \min) / \max$$

2. Value (V) :

$$V = \max$$

3. Hue (H) : Pertama-tama hitung R', G', dan B'

$$R' = \max - R / \max - \min$$

$$G' = \max - G / \max - \min$$

$$B' = \max - B / \max - \min$$

Jika Satruation, S=0, maka hue tidak terdefinisi (tidak memiliki hue berarti monochrome). kemungkinan lain:

- if (R = max and G = min) -> H = 5 + B'
- else if (R = max and G ≠ min) -> H = 1 - G'
- else if (G = max and B = min) -> H = R' + 1
- else if (G = max and B ≠ min) -> H = 3 - B'
- else if (R = max) -> H = 3 + G'
- otherwise -> H = 5 - R'

Hue (H) lalu di konversi menjadi derajat/degrees dengan cara mengalikan dengan 60 sehingga menghasilkan HSV antara 0-360

C. Thresholding.

Thresholding merupakan sebuah konsep untuk mengubah suatu citra menjadi dua jenis intensitas yaitu 0 atau 255. Untuk melakukan proses ini digunakan ambang batas (threshold) yang nilainya dapat di atur sesuai kebutuhan. Dengan menggunakan *Thresholding* maka derajat keabuan bisa di rubah sesuai keinginan. Proses *Thresholding* ini adalah proses pengubahan kuantisasi pada citra, sehingga untuk melakukan *thresholding* keabuan dapat digunakan rumus:

$$x = \text{b.int}(w/b) \quad 1$$

Dimana: w = nilai derajat keabuan sebelum *thresholding*
x = nilai derajat keabuan setelah *thresholding*

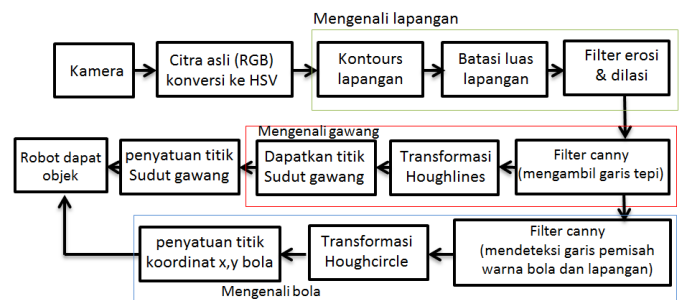
$$x = \text{b.int}(256/a) \quad 2$$

persamaan untuk merubah citra asli menjadi citra biner Jika nilai *threshold* yang dipasang tidak sesuai dengan nilai ambang batas yang di berikan maka akan di ganti dengan nilai 0 untuk dibawah ambang dan dengan nilai 255 jika berada di atas ambang batas yang di berikan [6].

Pada pendeteksian bola dan gawang menggunakan metode *Hough circle* dan *Corner harris* ada beberapa proses tahapan yang dilalui. Di bawah ini, beberapa tahapan-tahapan dari pendeteksian gawang

D. Sistem Deteksi.

Perancangan sistem untuk melakukan proses mendapatkan hasil, dapat di gambarkan dalam bentuk blok diagram seperti yang di perlihatkan pada Gambar 1. Sistem terdiri atas beberapa bagian seperti berikut.



Gambar 1. Blok diagram proses deteksi bola dan gawang

Adapun penjelasan dari blok diagram di atas sebagai berikut:

1. Kamera.

Penelitian menggunakan sensor kamera berupa *webcam* dengan seri *logitech C922 full HD* yang digunakan untuk mendeteksi bola dan gawang. Kamera ini berfungsi untuk menangkap citra objek yang akan di deteksi, citra RGB dari objek akan di tangkap kemudian di kirimkan ke mini PC untuk diolah.

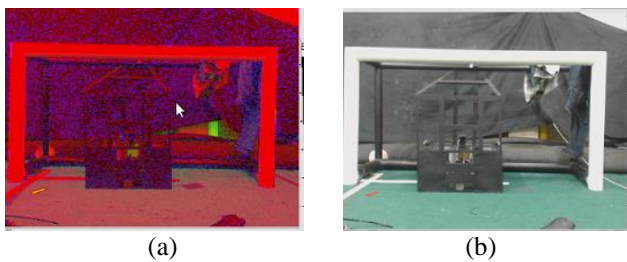
Sementara untuk pemrograman mini PC pada penelitian ini menggunakan software *UltraVNC*, dimana software tersebut dapat di masukan library *OpenCV*. *Open CV (Open Source Computer Vision)* merupakan sebuah *library* yang di khususkan untuk penglihatan komputer secara *real time* yang

dikembangkan oleh pusat penelitian Intel di Nizhny Novgorod, Rusia. OpenCV ini dapat digunakan di berbagai bahasa pemrograman, seperti C, C++, Java, Python, dan suport dengan Windows, Linux, Mac OS, iOS dan Android. OpenCV didesain untuk efisiensi komputasi dan dengan fokus yang kuat pada aplikasi *realtime* [7].

2. Konversi warna RGB ke HSV

Dalam pengolahan citra digital kamera pertama kali akan menangkap citra RGB, yang digunakan sebagai dasar agar dapat mengenali objek yang akan di deteksi. Dari citra RGB tersebut kemudian dikonversi menjadi model HSV agar lebih sederhana untuk diproses ke tahap selanjutnya.

Kemudian dari proses tersebut dilakukan proses segmentasi untuk mendapatkan objek. Hasil segmentasi di tampilkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. a) model RGB, b) model HSV

Dari Gambar 2 dapat di lihat model RGB merupakan campuran dari warna-warna primer yang menyatu sehingga akan sedikit lebih susah untuk dipisahkan ke dalam kelas-kelas warna. Sedangkan model HSV lebih mendekati dengan citra yang dapat ditangkap indera manusia sehingga lebih mudah dipisahkan ke dalam kelas warna tertentu.

3. Kontours lapangan.

Pada tahap ini citra yang digunakan sebagai objek berupa warna hijau pada lapangan KRSBI (Kontes Robot Sepak Bola) beroda. Penggunaan warna lapangan sebagai parameter pendeteksian gawang bertujuan agar robot hanya dapat mendeteksi gawang yang berada di atas lapangan. Sehingga robot dapat mengurangi *noise* terhadap objek yang serupa gawang yang berada di sekitar lapangan. Setelah mendapatkan *kontours* lapangan kemudian diberikan batas luasan lapangan hal ini robot hanya dapat mendeteksi gawang di atas lapangan yang berada pada luasan tertentu.

4. Erosi & Dilasi.

Tahap selanjutnya dilakukan proses *Erosi* dan *Dilasi*. Proses *erosi* dilakukan pada citra gawang dengan tujuan untuk memperkecil *Pixel* pada citra gawang. Sementara proses *dilasi* dilakukan pada citra lapangan dan citra lain yang berada di sekitar gawang. Untuk proses *erosi* dan *dilasi* yang telah dilakukan ditunjukkan oleh gambar 3.

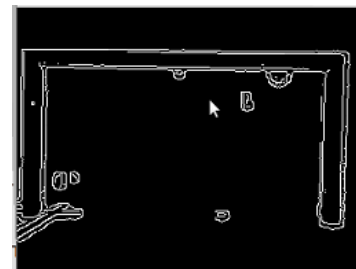


Gambar 3. Representasi citra setelah dilakukan proses *erosi* dan *dilasi*.

Dengan kedua proses tersebut robot akan lebih mudah mengenali gawang, karena hanya objek gawang yang di deteksi selain itu akan ditutup dengan warna hitam.

5. Filter Canny.

Penggunaan filter *canny* bertujuan untuk mendapatkan garis tepi citra gawang, yang kemudian direpresentasikan dengan titik-titik hasil yang sangat pendek sehingga menjadi sebuah garis tepi. Filter *canny* yang telah dilakukan pada citra gawang ditunjukkan pada Gambar 4.

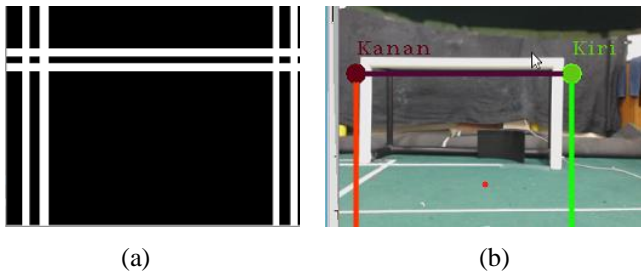


Gambar 4. Citra gawang setelah dilakukan filter *canny*

Dari gambar tersebut dapat di lihat objek yang ditampilkan sudah berupa garis-garis yang membentuk gawang. Garis tersebut merupakan garis tepi gawang setelah mengalami proses filter *canny*.

6. Algoritma Hough lines dan Corner harris.

Algoritma ini digunakan untuk mendeteksi garis lurus yang dihasilkan oleh filter *canny*. Hal ini dilakukan agar dapat dideteksi lebih spesifik sehingga robot akan lebih jelas dan cepat dalam mengenali gawang. Sedangkan algoritma *Corner harris* merupakan algoritma yang digunakan untuk mendeteksi sudut. Gawang pada KRSBI beroda terdiri dari dua garis yaitu vertikal dan horisontal, pada titik temu kedua garis tersebut terdapat sudut-sudut singgung, sudut tersebutlah yang digunakan sebagai acuan dalam mendeteksi gawang. Pada garis tepi yang ditemukan oleh pada algoritma *hough lines* juga akan menghasilkan sudut-sudut singgung antar garis. sehingga dengan kedua sudut tersebut robot sudah dapat mengenali gawang. Keunggulan dari algoritma *Corner harris* yaitu dapat menghasilkan nilai yang konsisten meski citra mendapat gangguan maupun rotasi, selain itu dapat mendeteksi sudut pada derajat yang tidak menentu. Hasil penggunaan algoritma *hough lines* dan *corner harris* di tampilkan pada Gambar 5.

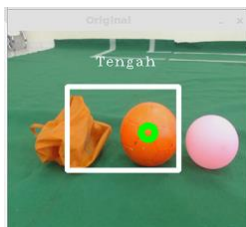


Gambar 5. a) penggunaan algoritma *hough lines*, b) hasil penggunaan algoritma *corner harris*.

Pada Gambar 5(a) dapat kita lihat terdapat garis tepi gawang yang saling menyinggung menghasilkan sudut, yang kemudian sudut tersebut di deteksi menggunakan algoritma *corner harris*. Sehingga hasil akhirnya robot dapat mengenali gawang seperti yang di ditampilkan pada Gambar 5(b).

7. Algoritma Hough circle

Algoritma ini merupakan suatu proses untuk mendeteksi lingkaran. Algoritma *Hough circle* yang digunakan berupa teknik ekstraksi fitur untuk deteksi lingkaran. Adapun metode yang digunakan untuk memilih kandidat lingkaran sama, yaitu dengan melakukan voting terhadap kandidat pada domain parameter *space* dan memilih *local maxima*. Keuntungan utama dari *circle hough* adalah dapat mendeteksi sebuah tepian dengan celah pada batas fitur dan secara relatif tidak dipengaruhi oleh derau atau noise. Dalam mendeteksi lingkaran dikerjakan pada ruang dimensi yang kompleks, yaitu dalam parameter ruang 2D (X,Y). Dimana X dan Y merupakan koordinat pusat lingkaran. Hasil penggunaan algoritma *hough circle* di ditampilkan pada Gambar 6.

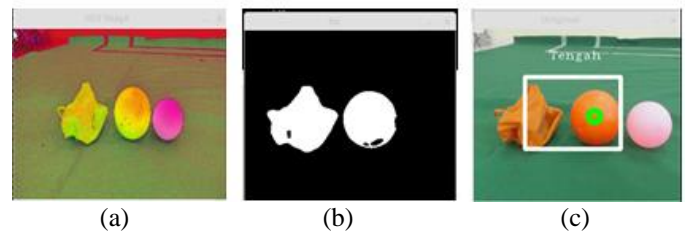


Gambar 6. penggunaan algoritma *hough circle*.

III. PEMBAHASAN

A. Pengujian Deteksi Bola

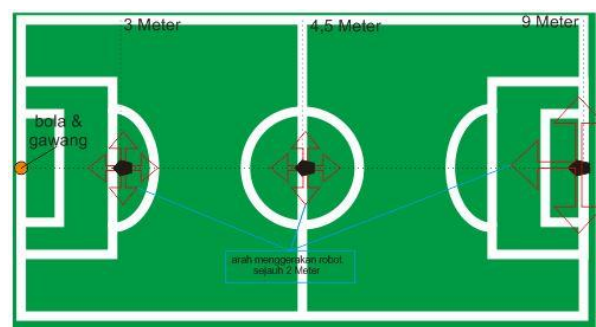
Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa pengujian deteksi bola yang berwarna orange dengan diberi gangguan bola berwarna merah dan kotak berwarna orange. Dikarenakan saat pertandingan kontes robot sepak bola beroda sering kali ketika memberikan nilai filter orange maka warna orange pada objek lain dan warna merah juga ikut terdeteksi (*misdetektion*). Maka akan dilakukan pengujian terhadap tracking bola berwarna orange dengan diberikan gangguan warna orange pada bentuk lain dan merah. Berikut adalah hasil citra asli yang sudah dikonversi menjadi citra HSV yang diperoleh dari webcam:



Gambar 7. a) Citra HSV bola yang diperoleh webcam, b) Hasil pengaturan nilai ambang batas *thershold*, c) Hasil deteksi bola menggunakan filter warna *orange* dan algoritma *hough circle*.

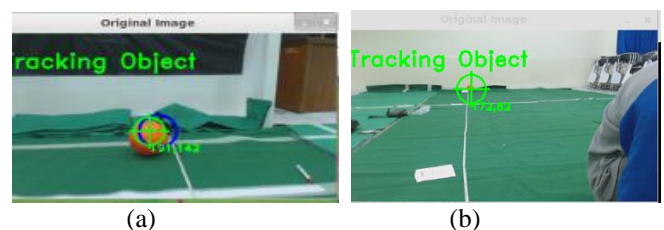
Dari Gambar 7. Dapat kita lihat robot dapat mendeteksi objek warna orange dengan bentuk lingkaran walaupun mendapat gangguan dari objek yang warna ataupun bentuknya hampir serupa.

Pengujian selanjutnya yaitu dilakukan dengan meletakkan robot pada titik yang sudah ditentukan kemudian munggerakan robot kekanan, kiri, maju, dan mundur sejauh 2 meter dengan kecepatan yang berbeda-beda secara berulang-ulang tanpa mengubah arah hadap robot, hal ini dilakukan untuk mengetahui sudut pandang robot dan kecepatan dalam mendeteksi objek. Selain itu juga melakukan perubahan intensitas cahaya, Model pengujian ditunjukkan pada gambar 8:



Gambar 8. Model Pengujian Deteksi Bola.

Bulatan warna *orange* merupakan titik-titik dimana bola dan gawang akan diletakkan untuk pengujian, sementara robot diletakkan segaris lurus pada jarak 2 meter, 4,5 meter dan 9 meter dengan menghadap bola atau gawang, sementara perubahan intensitas cahaya dengan cara merubah jarak posisi lampu atau sumber cahaya terhadap lapangan yaitu dengan rentang 200lux, 250lux, dan 300lux. Hasil deteksi bola nampak pada Gambar.7.



Gambar 9. a) Bola berhasil di deteksi jarak 2 meter, b) Bola gagal di deteksi pada jarak 9 meter.

Pada saat bola berhasil dideteksi akan muncul dua buah lingkaran yang mengelilingi objek, lingkaran pertama berwarna

hijau yang menunjukkan nilai terakhir objek terdeteksi dan menampilkan nilai koordinat X, Y dari pusat lingkaran objek. Lingkaran kedua yaitu berwarna biru menunjukkan objek terdeteksi secara *real time*, seperti yang ditunjukkan Gambar 9.a. Pada Gambar 9.b objek gagal di deteksi sehingga hanya menampilkan lingkaran warna hijau, hal itu menunjukkan nilai koordinat X,Y terakhir terdeteksi. Setelah dilakukan pengujian hasil pengujian pendeteksian bola ditunjukkan pada Tabel I:

TABEL I. HASIL PENGUJIAN DETEKSI BOLA

No	Jarak (m)	Cahaya (lux)	Koordinat		Keterangan
			x	y	
1	2	200	187	173	terdeteksi
2	4,5		172	166	terdeteksi
3	9		172	82	Tidak terdeteksi
4	2	250	191	142	terdeteksi
5	4,5		172	72	terdeteksi
6	9		181	96	terdeteksi
7	2	300	231	142	terdeteksi
8	4,5		231	83	terdeteksi
9	9		177	72	terdeteksi

Skema pengambilan data pada Tabel.I yaitu dengan cara meletakkan robot pada jarak 2 Meter menghadap objek, kemudian menggerakkan robot maju, mundur, kanan, kiri sejauh 2 meter tanpa mengubah arah hadap robot. Kemudian dilanjutkan dengan mengubah-ubah intensitas cahaya serta jarak yang berberbeda-beda. Dari pengujian deteksi bola ini dapat disimpulkan bahwa robot belum bisa mendeteksi bola pada jarak 9 meter dengan intensitas cahaya 200 lux, tetapi dapat mendeteksi bola dengan baik jarak dan intensitas cahaya lainnya. Dengan pengujian sebanyak Sembilan kali berhasil mendeteksi sebanyak delapan kali, maka didapatkan nilai akurasi sebesar:

$$\frac{\text{Jumlah Terdeteksi}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\%$$

$$\frac{8}{9} \times 100\% = 88,8\%$$

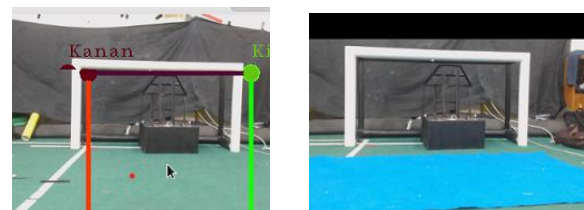
Jumlah terdeteksi merupakan kondisi ketika robot berhasil mendeteksi objek, sementara jumlah pengujian yaitu banyaknya percobaan yang diberikan pada saat pengujian. Dari hasil pengujian pada Tabel I dapat disimpulkan deteksi bola menggunakan algoritma *hough circle* semakin jauh objek yang dideteksi maka tingkat akurasi semakin berkurang.

B. Pengujian Deteksi Gawang

Pengujian ini dilakukan pada lapangan yang digunakan untuk lomba robot sepakbola beroda, berupa karpet berwarna hijau dengan ukuran 9x6 Meter . Pengujian dilakukan dengan meletakkan gawang pada variasi jarak dan variasi perubahan intensitas cahaya. Pengujian dengan meletakkan robot pada jarak 2 meter, 4,5 meter dan 9 meter terhadap gawang seperti yang terlihat pada Gambar 8, sementara perubahan intensitas cahaya dengan cara merubah jarak posisi lampu atau sumber cahaya terhadap lapangan yaitu dengan rentang 200lux, 250lux, dan 300lux. Keberhasilan mendeteksi gawang ditunjukkan dengan muncul titik warna merah dan hijau pada titik sudut gawang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 10. a) Gawang berhasil dideteksi, b) Gawang gagal Dideteksi



Gambar 11. a) Gawang berhasil dideteksi pada lapangan warna hijau, b) Gawang gagal dideteksi dengan gangguan lapangan warna selain hijau (biru)

Pada Gambar 10.a dapat kita lihat pada sudut kanan dan kiri gawang muncul bulatan warna merah dan hijau hal itu menunjukkan bahwa titik sudut gawang berhasil dideteksi, warna merah merupakan titik sudut kanan (X₀,Y₀) sementara warna hijau digunakan untuk merepresentasikan titik sudut kiri (X₁, Y₁). Sementara jika gawang gagal dideteksi bulatan tersebut tidak akan muncul seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.b. Pada Gambar.11 menunjukkan pengujian mendeteksi gawang dengan diberi gangguan yaitu lapangan berwarna biru (selain warna hijau) hasilnya robot tidak dapat mendeteksi gawang, karena algoritma yang diterapkan yaitu robot hanya akan mendeteksi gawang berwarna putih yang berada diatas warna hijau. Setelah dilakukan pengujian hasil dari pengujian pendeteksian gawang ditunjukkan pada Tabel II.

Skema pengambilan data pada Tabel II yaitu dengan cara meletakkan robot pada jarak 2 Meter menghadap objek, kemudian menggerakkan robot maju, mundur, kanan, kiri sejauh 2 meter tanpa mengubah arah hadap robot. Kemudian dilanjutkan dengan mengubah-ubah intensitas cahaya serta jarak yang berberbeda-beda.

TABEL II. HASIL PENGUJIAN DETEKSI GAWANG

No	Jarak (m)	Cahaya (lux)	Koordinat				Keterangan
			X0	Y0	X1	Y1	
1	2	200	-	-	-	-	Tidak terdeteksi
2	4,5		114	81	300	91	terdeteksi
3	9		-	-	255	75	terdeteksi
4	2	250	-	-	-	-	Tidak terdeteksi
5	4,5		47	77	259	77	terdeteksi
6	9		93	77	271	77	terdeteksi
7	2	300	-	-	-	-	Tidak terdeteksi
8	4,5		69	78	265,	69	terdeteksi
9	9		114	85	300	83	terdeteksi

Dari Tabel II tersebut dapat dilihat terdapat beberapa kondisi robot tidak dapat mendeteksi gawang yaitu ditandai dengan tidak muncul nilai koordinat (X,Y) baik sudut kanan maupun sudut kiri. Dari 9 kali pengujian yang dilakukan secara berulang-ulang robot selalu gagal dalam mendeteksi gawang pada jarak 2 meter, hal itu disebabkan *frame* kamera *webcam* yang digunakan tidak dapat menangkap citra dari kedua sudut gawang. Dengan pengujian sebanyak Sembilan kali berhasil mendeteksi sebanyak enam kali, maka didapatkan nilai akurasi sebesar:

$$\frac{\text{Jumlah Terdeteksi}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\%$$

$$\frac{6}{9} \times 100\% = 66,6 \%$$

Jumlah terdeteksi merupakan kondisi ketika robot berhasil mendeteksi objek, sementara jumlah pengujian yaitu banyaknya percobaan yang diberikan pada saat pengujian. Dari hasil pengujian pada Tabel II dapat disimpulkan deteksi gawang menggunakan algoritma *Corner harris* memiliki akurasi yang cukup tinggi, karena dapat mendeteksi gawang dengan baik pada variasi jarak dan intensitas cahaya yang berubah-ubah.

C. Pengujian Deteksi Bola dan Gawang berdasarkan Kecepatan Gerak Robot.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah algoritma yang diterapkan dapat mendeteksi objek serta memproses data dengan cepat. Pengujian ini dilakukan dengan cara membiarkan robot berputar-putar dengan kecepatan putar yang berbeda-beda kemudian memberikan objek yang akan dideteksi (bola atau gawang) pada jarak 3 meter, jika robot berhasil mendeteksi maka robo akan berhenti menghadap kearah bola atau gawang. Pengujian dilakukan pada jarak 3 meter dan cahaya kurang lebih 250 Lux. Setelah dilakukan

pengujian hasil pengujian pendeteksian bola dan gawang berdasarkan kecepatan gerak robot ditunjukkan pada Tabel III:

TABEL III. HASIL PENGUJIAN DETEKSI BOLA DAN GAWANG BERDASARKAN KECEPATAN GERAK ROBOT

pengujian	Kecepatan (Rpm)	Bola	Gawang
1	100	√	√
2	110	√	√
3	120	√	√
4	130	√	√
5	140	√	√
6	150	√	√
7	160	√	√
8	170	√	√
9	180	√	X
10	190	X	X
11	200	X	X

Keterangan: √ Terdeteksi

X Tidak terdeteksi

Pengujian pertama dilakukan pada kecepatan robot 100 Rpm, yang merupakan kecepatan minimum robot untuk bergerak, Robot dibiarkan berputar-putar dilapangan kemudian memberikan objek bola pada jarak 3 meter dari robot. Pengujian dilakukan secara berulang-ulang sampai pada kecepatan 200 Rpm yang merupakan kecepatan maksimum robot. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel III didapatkan akurasi pendeteksian bola sebesar:

$$\frac{\text{Jumlah Terdeteksi}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\%$$

$$\frac{9}{11} \times 100\% = 81,81\%$$

Pada pengujian yang telah dilakukan dengan 11 kali pengujian dan dapat mendeteksi sebanyak 9 kali berdasarkan kecepatan gerak robot, robot dapat mendeteksi bola dengan akurasi mencapai 81,81 %. Sementara untuk pendeteksian gawang di dapatkan akurasi mencapai:

$$\frac{\text{Jumlah Terdeteksi}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\%$$

$$\frac{8}{11} \times 100\% = 72,72\%$$

Pada pengujian yang telah dilakukan dengan 11 kali pengujian dan dapat mendeteksi sebanyak 8 kali, robot dapat mendeteksi gawang dengan akurasi mencapai 72,72 %

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu menjelaskan tentang inovasi sistem pendeteksian bola dan gawang pada robot sepakbola beroda yang dikonteskan pada Kontes Robot Indonesia. Sistem pendeteksian bola dan gawang ini mengadopsi prinsip sistem pengolahan citra untuk mendeteksi warna dan bentuk serta ciri fisik lainnya sehingga dapat mendeteksi bola dan gawang. Hasil dari penelitian ini yaitu

berhasil mendeteksi bola berwarna orange menggunakan algoritma *houghcircle* dengan nilai keakurasian mencapai 88,8%, dan berhasil mendeteksi gawang menggunakan algoritma *cornerharris* dengan nilai keakurasian mencapai 66,6%.

REFERENSI

- [1] Carreras, M. P. Ridao and A. El-Fakdi (2003), *Semi-Online Neural-Q learning for Real-time Robot Learning*, Institute of Informatics and Applications, University of Girona.
- [2] R. D. Kusumanto, dkk (2011), *Klasifikasi Warna Menggunakan Pengolahan Model Warna HSV*, *JURNAL ILMIAH ELITE ELEKTRO*, VOL. 2, NO. 2, 83-87
- [3] P. W. Setyo, I. Salamah, dan A. N. Tompunu, "Deteksi dan Estimasi Jarak Obyek Menggunakan Single Camera Dengan Model Segmentasi HSV", *Seminar Nasional Teknoin 2011* ISBN 978-979-96964-8-9.
- [4] Mahesa, Jovi, dan A. Meliyana, "Rancang Bangun Sistem Tracking Pada Robot Sepak Bola Dengan Metode Thresholding Menggunakan Open-CV," *The 4th Indonesian Symposium on Robot Soccer Competition 2016*.
- [5] B. Achmad, & K. Firdausy, *Pengolahan Citra Digital Menggunakan DELPHI*, Yogyakarta:Ardi Publishing, 2005
- [6] Mandala, Hanjaya, E. Rudiawan, dan H. Soebhakti, "Sistem Deteksi Bola Berdasarkan Warna Bola Dan Background Warna Lapangan Pada Robot Bareleng FC," *The 4th Indonesian Symposium on Robot Soccer Competition 2016*.
- [7] Mahesa, Jovi dan A. Meliyana. "Rancang Bangun Sistem Tracking Pada Robot Sepak Bola Dengan Metode Thresholding Menggunakan Open-CV," *The 4th Indonesian Symposium on Robot Soccer Competition 2016*