SISTEM NAVIGASI ROBOT BERODA MENGGUNAKAN *OMNIDIRECTIONAL CAMERA*

Fahriza Azwar Muhammad[1], Sisdarmanto Adinandra[2]

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

[1]13524064@students.uii.ac.id

[2,3]s.adinandra@uii.ac.id

***Abstrak*—Perkembangan robot saat ini tidak hanya digunakan untuk menunjang dunia perindustrian, namun robot juga telah digunakan sebagai sarana hiburan. Salah satu contohnya yaitu dengan diadakan Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBIB). Robot diharuskan dapat mendeteksi bola dan musuh menggunakan kamera, kamera umumnya memiliki *opening angle* maksimal 155°. robot harus memiliki pengindraan pada seluruh sisinya agar robot tidak kehilangan citra dari bola atau menggunakan *omnidirectional camera* dan sebuah algoritme yang tepat untuk robot dapat bergerak terhadap objek (bola dan balok). Metode yang digunakan adalah mengenali objek berdasarkan bentuk. Hasil dari perancangan sistem yaitu robot mampu mendeteksi dan membedakan objek bola dan balok. Serta robot dapat bergerak mendekati bola dan akan berhenti ketika tidak mendapatkan citra bola meskipun mendapatkan citra dari balok. Robot mampu mendeteksi dengan baik pada jarak $30cm$ hingga $40cm$. Hal yang berpengaruh terhadap pendeteksian yaitu intensitas cahaya, bayangan, framerate, lantai pada area.**

***Kata kumci*—KRSBIB, omnidirectional camera, sistem navigasi orientasi robot, deteksi bentuk**

I. PENDAHULUAN

Zaman globalisasi menuntut kita untuk menyesuaikan diri dalam menghadapi masuknya ruang lingkup dunia. Cara yang dilakukan untuk menyesuaikan diri pun bermacam – macam, salah satunya adalah dengan mengembangkan teknologi. Saat ini, perkembangan teknologi telah dimanfaatkan untuk menunjang aspek-aspek kehidupan manusia, diantaranya yaitu dengan penggunaan robot. Robot tidak hanya digunakan untuk membantu pekerjaan manusia, namun robot juga digunakan sebagai sarana hiburan manusia. Contohnya Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBIB) dimana robot diharapkan mampu memiliki kemampuan antara lain menggiring, mengejar, mengumpan, dan menendang bola yang ditujukan ke gawang. Untuk memenuhi kebutuhan diatas, maka robot diharuskan dapat mendeteksi bola dan musuh menggunakan sensor. Sensor yang mampu mengenali objek dengan tepat adalah kamera.

Pada umumnya kamera digunakan untuk mengambil gambar. Akan tetapi, pada saat ini kamera juga telah dimanfaatkan sebagai sensor. Contohnya ada pada robot Nao, robot yang diciptakan untuk edukasi dan penelitian. Nao yang di kembangkan oleh perusahaan *soft bank robotics* ini dibekali dengan kamera yang dapat mendeteksi objek dan berbagai macam sensor yang dapat menavigasi robot di dalam ruangan tanpa menabrak halangan. Pengembangan kamera pada robot Nao yang dilakukan oleh Havlena dkk. menyatakan bahwa robot Nao dapat melakukan lokalisasi dan penghindaran objek. Sehingga robot tersebut dapat mengenali dan menghindari objek [1].

Permasalahan yang dihadapi dalam penggunaan kamera pada robot, yaitu kamera umumnya memiliki jangkauan maksimal 155°, ketika kamera tersebut digunakan untuk robot sepak bola beroda dan bola berada di titik buta robot (titik dimana kamera tidak mendapatkan gambar), robot harus memutar agar mendapatkan citra dari bola tersebut. Hal tersebut tidak efisien, sebab robot menghabiskan banyak waktu untuk mengetahui bahwa bola berada diluar sudut penangkapan kamera. Oleh sebab itu robot harus memiliki pengindraan pada seluruh sisinya agar robot tidak kehilangan citra dari bola.

Untuk menghindari kehilangan citra bola dan citra gawang karena penggunaan kamera yang mengarah ke depan, maka robot harus dibekali dengan kemampuan untuk mendeteksi dari seluruh sisinya atau menggunakan *omnidirectional* camera dan sebuah algoritme yang tepat untuk robot dapat bernavigasi dengan baik..

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Studi Literatur*

Kontes robot sepak bola indonesia (KRSBI) adalah kontes robot humanoid dimana 2 tim robot diadu dengan cara bermain sepak bola. Robot diharapkan dapat mengenali bola, lawan dan gawang sendiri maupun gawang musuh. permasalahan yang mendasar pada KRSBI yaitu pada bagian computer vision, computer vision bertugas memberikan informasi dasar yang diperlukan robot untuk bergerak. Menggunakan omnidirectional camera memungkinkan robot untuk melihat pada segala arah pada saat yang sama tanpa menggerakkan robot dan tanpa menggerakkan kamera. Sehingga robot dapat dengan mudah mendapatkan citra bola, gawang, dan musuh tanpa menggerakkan kamera [2].

Menurut Ivan, Francois, dan Ivan, omnidirectional camera dari definisinya memberikan tampilan 360° dari pemandangan sekitarnya dan dengan demikian menjadikan omnidirectional camera sebagai alat yang penting dalam vision robot. Peningkatan field of view dapat diperoleh dengan menggunakan beberapa kamera panorama yang disinkronkan, kombinasi kamera dan cermin, atau kamera dengan lensa wide-

angle. Jumlah informasi dalam gambar tunggal meningkatkan kemampuan robot dalam menafsirkan, bertindak, dan bereaksi dalam lingkungan. Contoh penggunaan omnidirectional camera sebagai sensor adalah visual odometry, navigasi, structure-from-motion, visual servoing, dan tracking objek bergerak [3].

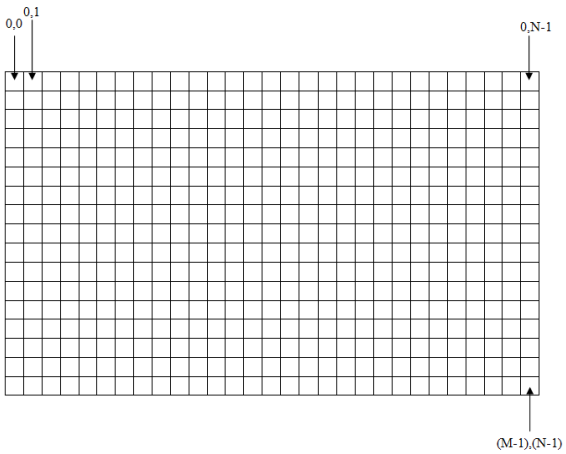
Menurut Lukierski, Leutenegger, dan Davison, omnidirectional camera memungkinkan kamera untuk memberikan pandangan sekitar robot sekaligus. Dapat dipahami bahwa field of view seluas mungkin bermanfaat untuk lokalisasi. Kelebihan omnidirectional camera adalah cakupan kamera yang luas dan instan serta kemudahan integrasi kamera dengan robot; sedangkan kelemahannya adalah distorsi bentuk objek dan sulit untuk mengkalibrasi karakteristik proyeksi gambar [4].

B. *OpenCV*

OpenCV *(Open-Source Computer Vision)* adalah *library open source computer vision* dan pembelajaran mesin. *Computer vision* bertujuan untuk menentukan apa yang terjadi didepan kamera dan menggunakan pemahaman itu untuk mengendalikan komputer atau sistem robot. OpenCV didesain untuk efisiensi komputasi dan fokus pada *real-time*. OpenCV dapat digunakan untuk penggunaan akademis dan komersial secara gratis. Penggunaan librari openCV meliputi seni interaktif hingga sistem robotika tingkat lanjut [5].

C. *Representasi Citra Digital*

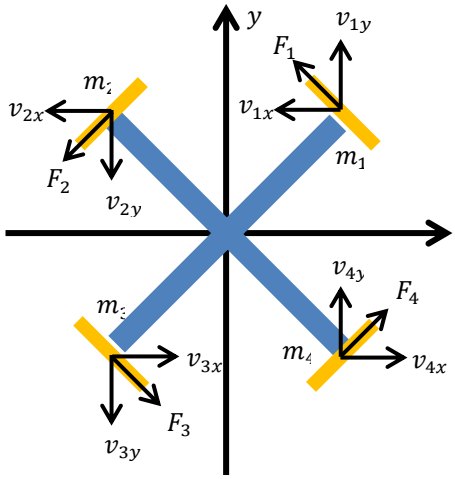
Menurut Kadir [6], kumpulan titik atau piksel digunakan untuk membentuk suatu citra digital. Representasi citra digital adalah suatu tahap yang digunakan untuk menampilkan kembali citra digital dengan cara mencacah gambar kedalam bentuk titik – titik atau piksel. Piksel digambarkan sebagai satu kotak. Masing – masing piksel memiliki koordinat posisi. Pada Gambar 1 menunjukkan sistem koordinat untuk menyatakan citra digital berukuran M × N, dimana M sebagai baris dan N sebagai kolom.



Gambar 1. Representasi Citra Digital

D. Roda *Omnidirectional*

Roda *omnidirectional* memungkinkan robot untuk bergerak kesegala arah tanpa harus memutar. Gambar 2 merupakan desain peletakan roda yang akan digunakan untuk mencari persamaan matematis robot [7].



Gambar 2. Model Kinematika Robot

Persamaan matematis robot beroda berdasarkan Gambar 2 adalah :

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -sin\ \alpha & cos\ \alpha & 1 \\ -sin\ \alpha & -cos\ \alpha & 1 \\ sin\ \alpha & -cos\ \alpha & 1 \\ sin\ \alpha & cos\ \alpha & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} vx \\ vy \\ L\omega \end{bmatrix} \quad (1)$$

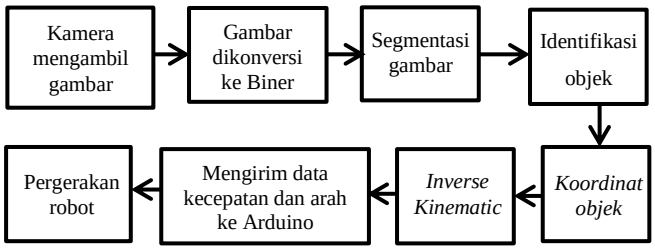
$$\begin{aligned} V_1 &= (-sin(\alpha_1) \times V_x) + (cos(\alpha_1) \times V_y) + (L \times \omega) \\ V_2 &= (-sin(\alpha_2) \times V_x) + (-cos(\alpha_2) \times V_y) + (L \times \omega) \\ V_3 &= (sin(\alpha_3) \times V_x) + (-cos(\alpha_3) \times V_y) + (L \times \omega) \\ V_4 &= (sin(\alpha_4) \times V_x) + (cos(\alpha_4) \times V_y) + (L \times \omega) \end{aligned} \quad (2)$$

Keterangan :

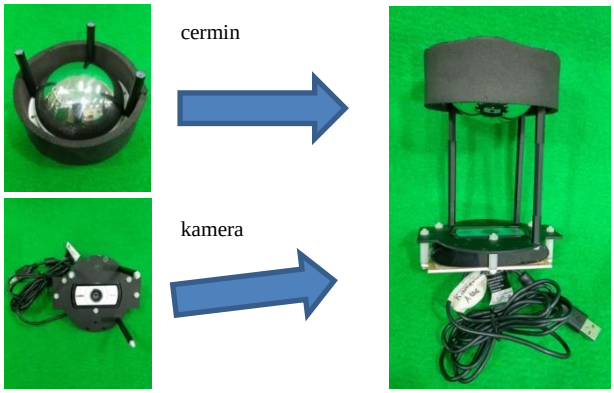
$\alpha = 45°$: jarak antar roda
$L = 13\ cm$: Panjang jari-jari robot
ω : percepatan sudut
Vx : nilai koordinat pembacaan kamera pada sumbu x (px)
Vy : nilai koordinat pembacaan kamera pada sumbu y (px)
$V_1; V_2; V_3; V_4$: motor nomor 1;2;3;4

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan yaitu uji coba sistem navigasi terhadap objek bola dan balok. Perancangan sistem yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 3, kamera *omnidirectional* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Diagram Blok Sistems



Gambar 4. Omnidirectional Camera

Gambar 5. Ilustrasi Kalibrasi Kamera

Gambar 5 merupakan ilustrasi kalibrasi, untuk mendapatkan titik lensa merupakan titik 0,0 maka frame memiliki panjang (sumbu y) 500 piksel dan lebar (sumbu x) 500 piksel. Masing masing sumbu dibagi 2 untuk mendapatkan nilai tengah, sehingga didapatkan 250. Nilai 250 tersebut yang menjadi acuan kalibrasi. Untuk mendapatkan titik pusat bernilai 0 tepat pada lensa kamera maka diperlukan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} cx &= x - 250 \\ cy &= -(y - 250) \end{aligned} \tag{3.1}$$

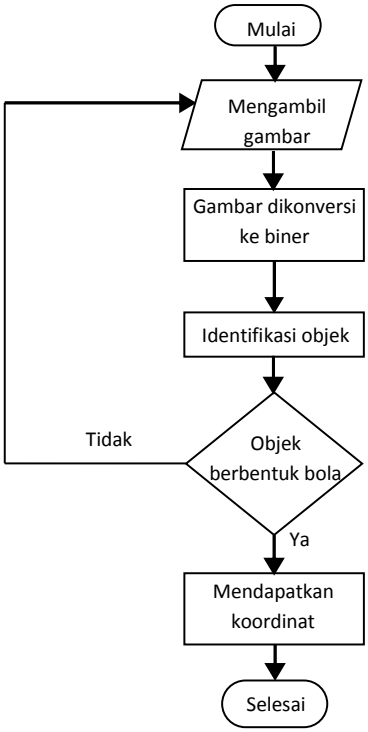
Keterangan :

x : nilai pembacaan kamera pada sumbu x sebelum dikalibrasi (piksel)

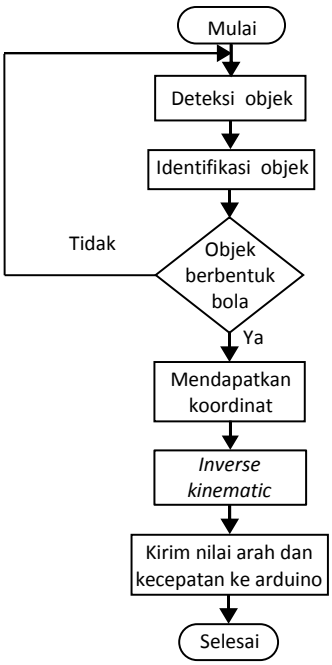
y : nilai pembacaan kamera pada sumbu y sebelum dikalibrasi (piksel)

cx : nilai pembacaan kamera pada sumbu x setelah dikalibrasi (piksel)

cy : nilai pembacaan kamera pada sumbu y setelah dikalibrasi (piksel)



Gambar 6. Diagram Alir Sistem Deteksi Objek



Gambar 7. Diagram Alir Sistem Navigasi

Dapat dilihat pada Gambar 7 bahwa robot akan bergerak menuju bola ketika mendapatkan citra bola, sedangkan robot tidak akan bergerak ketika tidak menadapatkan citra bola dan/atau hanya terdapat balok. Ketika robot mendapatkan koordinat (piksel) dari bola, langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai koordinat tersebut kedalam persamaan matematis roda omnidirectional untuk mendapatkan arah dan kecepatan tiap masing-masing motor (PWM). Semua nilai berdasarkan piksel kamera bukan berdasarkan nilai

sesungguhnya. Nilai PWM tersebut akan dikirimkan ke Arduino menggunakan komunikasi serial. Setelah data kecepatan dan arah diterima oleh Arduino, selanjutnya Arduino akan memecah data tersebut dan mengirimkan ke masing-masing motor.

IV. HASIL DAN ANALISIS

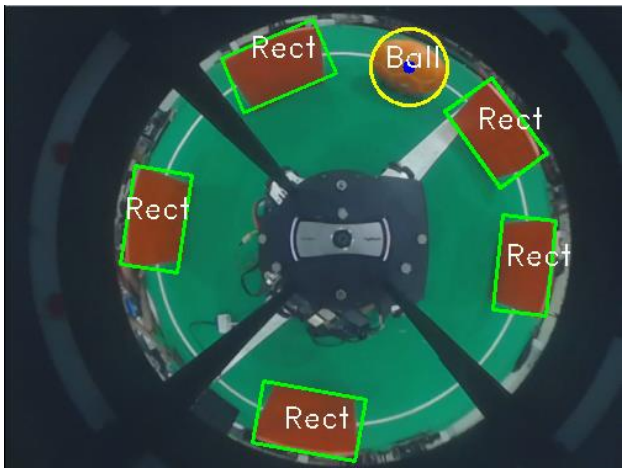
Data dari kalibrasi kamera ditunjukkan oleh Gambar 9.

Gambar 8. Kalibrasi Kamera

No.	X (piksel)	Y (piksel)	CX (piksel)	CY (piksel)
1	323.0	41.0	73.0	209.0
2	323.0	41.5	73.0	208.5
3	323.0	41.0	73.0	209.0
4	323.0	41.0	73.0	209.0
5	323.0	41.5	73.0	208.5
6	323.0	41.5	73.0	208.5
7	323.0	41.0	73.0	209.0
8	323.0	41.5	73.0	208.5
9	323.0	41.5	73.0	208.5
10	323.0	41.5	73.0	208.5
11	323.0	41.5	73.0	208.5
12	323.0	41.5	73.0	208.5
13	323.0	41.0	73.0	209.0
14	323.0	41.5	73.0	208.5
15	323.0	41.5	73.0	208.5
16	323.0	41.5	73.0	208.5
17	323.0	41.0	73.0	209.0
18	323.0	41.0	73.0	209.0
19	323.0	41.0	73.0	209.0

Gambar 9. Data Kalibrasi Kamera

Jarak antara robot dengan bola yaitu $60cm$. Gambar 10 merupakan hasil dari sistem deteksi objek.



Gambar 10. Sistem Deteksi Objek

Hasil dari pengujian sistem navigasi yaitu :

1. Untuk pengujian bola tanpa balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik. Kendala utama yaitu roda selip, dikarenakan area yang penulis gunakan tidak rata.
2. Untuk pengujian bola dengan 1 balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik, dan dapat berhenti ketika bola diangkat. Kendala utama pada pengujian bola dengan 1 balok yaitu roda selip.
3. Untuk pengujian bola dengan 2 balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik, dan dapat berhenti ketika bola diangkat. Kendala yang terjadi ketika roda selip.
4. Untuk pengujian bola dengan 3 balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik, dan dapat berhenti ketika bola diangkat, namun robot berhenti tidak sebaik pengujian bola dengan 1 dan 2 balok, hal ini disebabkan karena jarak pembacaan objek yang terlalu jauh sehingga mengakibatkan citra balok berubah-ubah, framerate yang rendah, dan Kendala lain yaitu roda selip.
5. Untuk pengujian bola dengan 4 balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik, dan dapat berhenti ketika bola diangkat, namun robot berhenti tidak sebaik pengujian bola dengan 1 dan 2 balok, hal ini disebabkan karena jarak pembacaan objek yang terlalu jauh, framerate yang terlalu rendah, dan Kendala lain yaitu roda selip.
6. Untuk pengujian bola dengan 5 balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik, dan dapat berhenti ketika bola diangkat, namun robot berhenti tidak sebaik pengujian bola dengan 1 dan 2 balok, hal ini disebabkan karena jarak pembacaan objek yang terlalu jauh, framerate yang terlalu rendah, dan Kendala lain yaitu roda selip.

Pada pengujian navigasi beberapa faktor yang sangat mempengaruhi hasil diantaranya : intensitas cahaya, bayangan, *framerate*, dan area. Intensitas cahaya dan bayangan dikatakan berpengaruh karena penulis menggunakan ruang warna HSV, sedikit perubahan dapat mengganggu warna yang telah ditetapkan. Untuk framerate ini menjadi penting karena untuk memperbarui data citra yang digunakan untuk menentukan bola atau balok, ketika framerate rendah maka data citra tidak *real-time*, sehingga mengakibatkan robot tidak berjalan seperti semestinya. Area yang dimaksud adalah lantai, lantai pada area yang digunakan tidak rata mengakibatkan

robot terselip. Pembacaan objek dengan jarak $30cm$ hingga $40cm$ memiliki presisi pendektesian yang baik. Rata-rata akurasi pendeteksian objek dengan tepat adalah 80% dari 525 percobaan.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Robot mampu mendeteksi dengan baik pada jarak $30cm$ hingga $40cm$.
2. Intensitas cahaya, bayangan, dan *framerate* sangat berpengaruh terhadap citra.
3. Kontur area sangat berpengaruh terhadap jalannya robot tipe *omnidirectional*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Havlena, S. Fojtu, D. Prusa, dan T. Pajdla, "Towards Robot Localization and Obstacle Avoidance from Nao Camera," pp. 1–11, 2010.

[2] C. Nor, C. R. P. Vania, dan B. Febriarti, "Humanoid Soccer Robots With Omnidirectional Vision System," *Indones. Symp. Robot Soccer Compet.*, vol. VI, pp. 61–65, 2016.

[3] I. Markovi, F. Chaumette, dan I. Petrovic, "Moving Object Detection , Tracking and Following Using an Omnidirectional Camera on a Mobile Robot," pp. 1–6, 2013.

[4] R. Lukierski, S. Leutenegger, dan A. J. Davison, "Rapid Free-Space Mapping From a Single Omnidirectional Camera," 2015.

[5] K. Pulli, A. Baksheev, K. Kornyakov, dan V. Eruhimov, "Real-time computer vision with OpenCV," *Commun. ACM*, vol. 55, no. 6, p. 61, 2012.

[6] A. Kadir and A. Susanto, *Teori dan Aplikasi Pegolahan Citra*, 1st ed. Yogyakarta, 2013.

[7] S. Adinandra dan A. Wijaya, "Desain Kursi Roda Cerdas Berbasis Robot Beroda Holonomic," pp. 1–5, 2017.