

NAVIGASI ROBOT *QUADRUPED* MENGGUNAKAN KAMERA

Muhammad Notonugroho¹, Sujono²
Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
Muhammadnoto1997@gmail.com¹
sujono@budiluhur.ac.id²

ABSTRAK

Dalam perancangan robot berkaki 4 dalam simulasi mengikuti garis yang sudah dibuat sedemikian rupa menggunakan kamera serta menghindari furniture. Namun pada arena simulasi ini menambahkan garis berwarna merah sebagai acuan robot untuk mengikuti garis tersebut dan arena terdapat rintangan belok kanan, belok kiri dan perempatan. Pada arena tersebut akan ditambahkan juga furniture sebagai tantangan robot untuk menghindarinya. Robot ini terdiri dari 12 motor servo masing-masing kaki menggunakan 3 servo, 4 sensor ultrasonik, CMUcam5, sensor garis, Arduino Mega 2560. CMUcam digunakan untuk membaca titik tengah garis merah yang akan menjadi lintasan robot sedangkan untuk membaca furniture yaitu dengan menggunakan sensor ultrasonik. Ketika robot telah menemukan titik tengah koordinat yaitu dengan sumbu X 180 garis berada ditengah – tengah robot, bila titik koordinat X lebih besar dari 180 maka posisi robot berada di kanan garis dan jika titik koordinat X lebih kecil dari 180 maka posisi robot berada dikiri garis. Kecepatan robot sekali berputar mengelilingi lintasan adalah 0,017 m/s dengan panjang lintasan 5,72 meter. Hasil yang didapatkan adalah robot bisa bernavigasi menggunakan kamera dengan baik dan berhasil dalam menghindari furniture.

Kata kunci: Arduino Mega2560, CMUcam5, Sensor Ultrasonik, Sensor TCRT5000.

ABSTRACT

In a 4-legged robot designer in a simulation following a line that has been made in such a way using a camera and avoiding furniture. But in this simulation arena add a red line as a robot reference to follow the line and the arena has obstacles turning right, turning left and crossroad. In this arena furniture will also be added as a robot challenge to avoid it. This robot consists of 12 servo motors of each foot using 3 servo, 4 ultrasonic sensors, CMUcam5, line sensors, Arduino Mega 2560. CMUcam is used to read the midpoint of the red line that will be the path of the robot while to read furniture that is by using an ultrasonic sensor. When the robot has found the midpoint of the coordinate, with the X-axis of the line being in the middle of the robot, if the X-coordinate is greater than 180 then the robot's position is on the line and if the X-coordinate is less than 180 then the robot's position is on the line. The speed of the robot once rotating around the track is 0.017 m / s with a length of 5.72 meters. The results obtained are robots can navigate using the camera properly and succeed in avoiding furniture.

Keywords: Arduino Mega, CMUcam5, Ultrasonic Sensor, TCRT5000 Sensor.

I. PENDAHULUAN

Dalam Kontes Robot Pemada Api Indonesia (KRPAI) yang diselenggarakan oleh Belmawa Kementerian Ristek Dikti. Pada penyelenggaraan Kontes robot tahun 2018 ini,

arena pada robot terdapat rintangan berupa papan penghalang dan furniture didalam ruangan. Pada arena ini robot ditugaskan dapat menghindari papan arena dan furniture untuk mendeteksi api dengan baik. Permasalahannya, robot sering menabrak dan

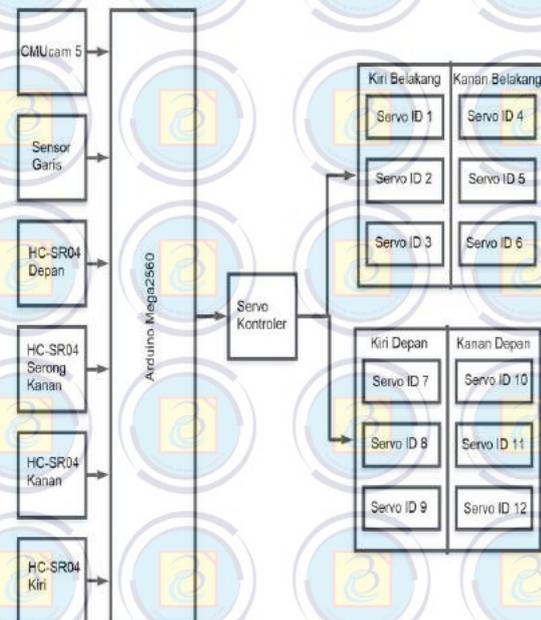
tersangkut pada papan arena atau furniture sehingga robot tidak bisa bergerak.

Sistem pendeteksi halangan sudah banyak diaplikasikan pada robot. Misal pada penelitian Jalu Rahmadi Mukti “Rancang Bangun Prototip *Snooper Hexapod Robot* untuk sistem keamanan” (Mukti and Munadi, 2014) robot ini bisa diaplikasikan sebagai robot inspeksi maupun evakuasi pada bencana alam maupun tindak terorisme, dan juga dapat memperkecil kemungkinan jumlah korban manusia akibat bahaya di daerah yang rawan konflik. Pada tugas akhir Munadi, Ismoyo Haryanto, Toni Prahasto “Analisa Kinematik, Dinamik dan Metode Gerak Kaki Model *Soonper Hexapod Robot*” (Haryanto and Prahasto, 2015) menganalisis dan menentukan *qualities* kinematic seperti perpindahan, kecepatan, dan percepatan elemen-elemen robot model ketika gerakan input diberikan. Pada penelitian Muchtar Arsil Siddiq “Sistem Pendeteksi Secondary Zone Pada Robot Pemadam Api” (Siddiq, Muchtar Arsil, 2016) robot mendeteksi safe secondary zone menggunakan CMUcam5. Pada jurnal Mohd Iqbal, Eko Syamsuddin Hasrito, Gunadi Widi Nurcahyo, “Penerapan *Forward Chaining* Pada Navigasi Robot Kaki Enam” (Iqbal, Hasrito and Nurcahyo, 2015) robot bergerak menggunakan metode *inference forward chaining*. Pada penelitian Alwan Juniardhi, “Robot Berkaki 6 Penghindar Rintangan dan Pendeteksi Api” (Juniardh, Alwan, 2016) robot bernavigasi menggunakan CMUcam5.

Pada jurnal yang pertama yaitu membahas tentang robot berkaki enam yang menggunakan kamera untuk mendeteksi orang, robot ini dipakai untuk sistem keamanan Negara. Jurnal kedua yaitu menjelaskan bagaimana menganalisis kinematic untuk menentukan quatitis kinematik seperti perpindahan, kecepatan, dan percepatan elemen-elemen robot model ketika gerakan input diberikan. Jurnal ketiga yaitu membahas pembacaan pada objek di arena Kontes Robot Pemadam Api Indonesia pada tahun 2016. Jurnal keempat membahas bagaimana robot bisa bergerak sempurna menggunakan metode *Forward Interface Chaining* yang dimaksud adalah dimana untuk menentukan arah pergerakan robot. Jurnal kelima yaitu membahas robot berkaki enam menggunakan kamera untuk menghindari halang rintang seperti papan arena dan furniture.

Pada penelitian ini sebuah robot berkaki 4 mengikuti garis dan menghindari *furniture* pada arena KRPAI namun di gantikan dengan sebuah papan bergaris merah dengan rintangan sama seperti arena KRPAI dengan menggunakan kamera CMUcam5 dan Arduino Mega 2560 yang realisasinya robot dapat menghindari rintangan dan mendeteksi dengan baik.

II. PERANCANGAN SISTEM

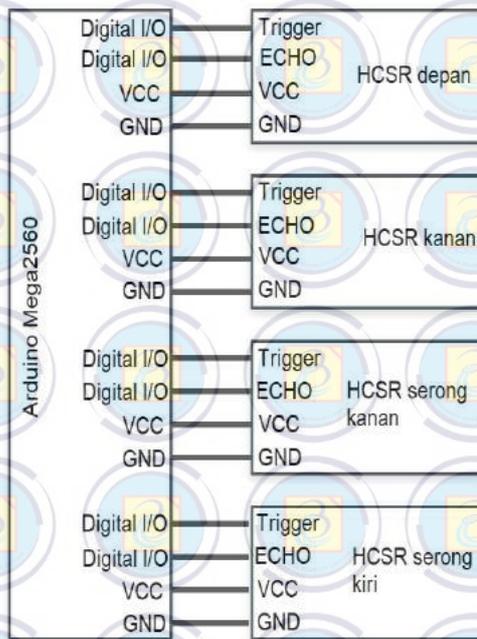


Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Dalam perancangan sistem ini, dibahas tentang perancangan sistem dan perancangan perangkat keras yang terdiri dari Arduino Mega 2560, CMUcam 5, Sensor Ultrasonik, Sensor Garis, Servo Kontroler dan Motor Servo. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

A. Sensor Ultrasonik

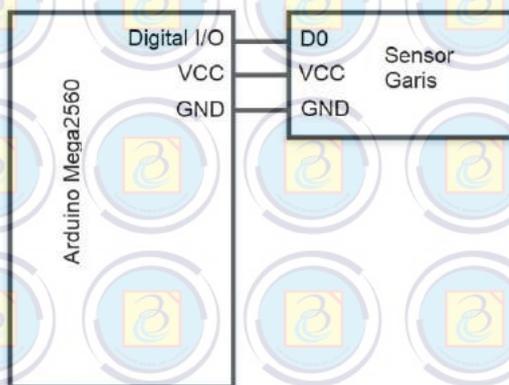
Sensor ultrasonik yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah HC-SR04 dengan 4 pin yaitu VCC, Ground, Trigger dan Echo. Sebanyak 4 buah sensor ultrasonik rangkaian dengan arduino dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Sensor Ultrasonik dengan Arduino Mega2560

B. Sensor Garis TCRT5000

Sensor garis sebagai pendeteksi ada atau tidaknya garis putih pada arena atau lintasan robot. Sensor garis terletak pada bagian bawah robot. Sensor garis yang dirancang terdiri dari beberapa komponen yaitu LED dan Photodiode sebagai pendeteksi warna, IC op-amp LM339 sebagai pembanding (*comparator*), resistor 220 Ω , resistor 10K Ω dan trimpot 50 K Ω sebagai pengatur tegangan referensi. Berikut rangkaian sensor garis dengan arduino pada Gambar 3.

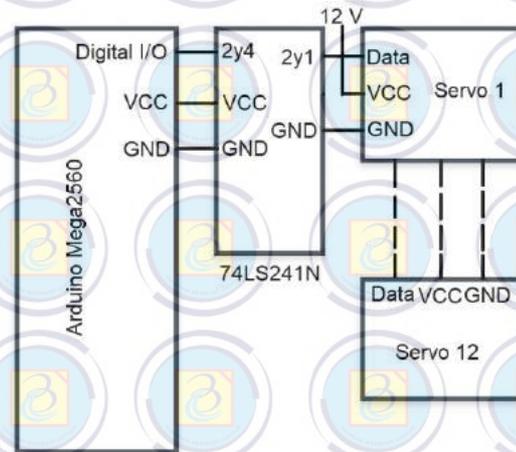


Gambar 3. Rangkaian sensor garis dengan Arduino

C. Rangkaian Servo kontroler dan Servo Dynamixel

Rangkaian servo kontroler ini menggunakan IC *buffer* 74LS241N sebagai *buffer*, dimana IC 74LS241 adalah sebuah gerbang yang memilah-milah apakah data dialamatkan sebagai data transfer (TX) atau data receiver (RX). Namun data yang digunakan untuk tugas akhir ini hanya

dialamatkan sebagai data yang ditransfer (TX) yaitu dari pin 1 Arduino Mega 2560 ke pin 17 IC 74LS241. Rangkaian servo kontroler dengan servo Dynamixel dapat dilihat pada Gambar 4.

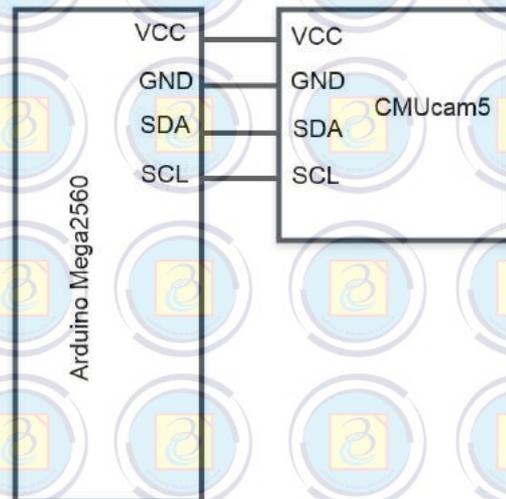


Gambar 4. Rangkaian servo kontroler dan servo dynamixel dengan Arduino

D. CMUcam 5

pin i2c yaitu SDA, SCL, VCC dan Ground. Dapat dilihat pada Gambar 5

CMUcam 5 ini sudah berupa modul dan pemakaian hanya tinggal di *wiring* saja ke bagian pin arduino. Pin yang digunakan yaitu SDA dan SCL sebagai komunikasi dengan Arduino.



Gambar 5. Rangkaian CMUcam 5 dengan Arduino

E. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian tugas akhir ini menggunakan algoritma pemrograman bahasa C dengan software Arduino dan software PixyMon untuk konfigurasi kamera (CMUcam5). Pertama dilakukan adalah mengkonfigurasi warna

yang akan menjadikan acuan jalannya robot yaitu berwarna merah. Hasil dari data konfigurasi kamera dimasukkan kedalam software Arduino lalu diproses sehingga robot dapat mengikuti garis merah dengan kamera.

III. HASIL DAN ANALISA

Pengujian dilakukan dengan menguji setiap sensor pada Arduino dan yang terakhir pengujian keseluruhan pada robot.

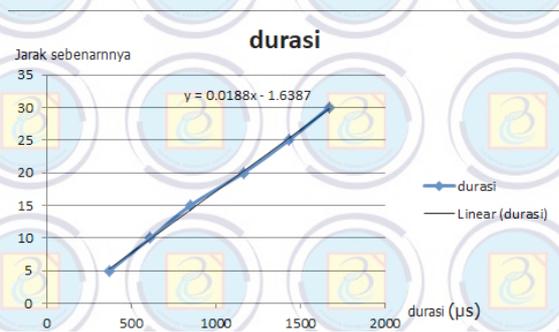
A. Pengujian Sensor Ultrasonik

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk identifikasi karakteristik sensor dan persen kesalahan pengukuran jarak dengan sensor. Cara pengujiannya yaitu arahkan sensor ultrasonik ke objek berupa furniture lalu mengukur menggunakan mistar dari furniture ke sensor ultrasonik dengan jarak 5 cm kemudian masukan program ke mikrokontroler untuk memerintah sensor ultrasonik membaca durasi dan hasilnya akan ditampilkan di Serial monitor PC. Kemudian menggeser sensor ultrasonik dengan jarak 10 cm dari objek, melakukan langkah tersebut sampai sensor jarak berada 30 cm dari objek.

Tabel 1. Hasil pengujian mencari durasi pada sensor ultrasonik

Jarak Sebenarnya menggunakan penggaris (cm)	Durasi (µs)
5	370
10	612
15	850
20	1164
25	1432
30	1671

Hasil dari Tabel 1 akan dijadikan grafik *trend line* seperti Gambar 6.



Gambar 6. Nilai durasi yang dihasilkan terhadap perubahan jarak pengukuran

Pada hasil pembacaan grafik *trendline* akan mendapatkan nilai persamaan, nilai persamaan ini akan menghasilkan perhitungan pembacaan jarak dari sensor ultrasonik dijelaskan Tabel 2.

Tabel 2. Mencari hasil pembacaan sensor ultrasonik

Jarak Sebenarnya (cm)	Durasi (µs)	Jarak Hasil Pembacaan Sensor (cm)	Besarnya Error (cm)
5	370	5,3	0,3
10	612	9,8	0,2
15	850	14,3	0,8
20	1164	20,2	0,2
25	1432	25,2	0,2
30	1671	29,7	0,3

Kesimpulan dari pembacaan sensor ultrasonik yaitu tidak jauh berbeda dengan jarak sebenarnya dan mempunyai nilai selisih atau rata-rata eror sebesar 0,3.

B. Pengujian Sensor Garis

Tujuan untuk pengujian sensor garis ini adalah untuk jarak yang paling tepat antara sensor garis dengan garis yang akan dideteksi sehingga menghasilkan kinerja sensor yang maksimal. Untuk pengujian mengetahui besar tegangan pembacaan untuk warna hitam dan putih ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hasil nilai tegangan terkena alas berwarna putih

Jarak	Tegangan Output
1 cm	0,19 V
2 cm	0,19 V
3 cm	2,3 V
4 cm	4,9 V
5 cm	4,9 V

Tabel 4. Hasil nilai tegangan terkena alas berwarna hitam

Jarak	Tegangan Output
1 cm	4,9 V
2 cm	4,9 V
3 cm	4,9 V
4 cm	4,3 V
5 cm	4,3 V

Hasil pengujian pada sensor garis pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 adalah bahwa sensor akan berkerja dengan benar jika jarak antara alas dengan sensor maksimal 2 cm karena dengan jarak tersebut dapat dilihat dari perbedaan pada tegangan output nya.

Sedangkan dengan jarak 3 cm sensor jarak masih bisa bekerja dengan benar tetapi dengan jarak 3 cm ini kemungkinan antara alas putih dan alas hitam akan terlihat sama karena perbedaan selisih tegangan hanya 2 volt. Dan jika sensor jarak berada pada 4 cm sampai 5 cm sensor garis tidak akan bisa bekerja dengan benar karena dari selisih output tegangan sangat tipis.

Dari analisa tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa dengan mengatur posisi sensor dengan obyek garis pada jarak maksimal 2 cm akan memberikan kinerja sensor yang maksimal, dimana sensor mampu membedakan warna garis yang ditunjukkan dengan perbedaan tegangan output yang paling signifikan

C. Pengujian motor servo Dynamixel

Pengujian ini untuk mengidentifikasi servo dan dilakukan untuk memberikan 12 servo dalam robot. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah servo AX-12A, kontroler CM-530, dan software Roboplus Manager yang dioperasikan pada laptop.

Posisi peletakan servo pada robot dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Posisi servo pada robot menurut ID

ID Servo	Posisi Servo pada Robot
1	Kaki kanan depan bawah
2	Kaki kanan depan tengah
3	Kaki kanan depan atas
4	Kaki kiri depan atas
5	Kaki kiri depan tengah
6	Kaki kiri depan bawah
7	Kaki kanan belakang bawah
8	Kaki kanan belakang tengah
9	Kaki kanan belakang atas
10	Kaki kiri belakang atas
11	Kaki kiri belakang tengah
12	Kaki kiri belakang bawah

Pengujian pada motor servo dynamixel dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian motor servo

Data	Sudut (derajat)
0	0

50	14,65
100	29,3
150	43,95
200	58,6
300	87,9
400	117,2
500	146,5
600	175,8
800	234,4
900	263,7
1000	293
1023	300

Berdasarkan pada data hasil pengujian, dengan memanfaatkan fitur trend line dapat dirumuskan hubungan matematis antara nilai data dengan posisi sudut yang dihasilkan, ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik yang menunjukkan hubungan antara nilai data input dengan sudut posisi servo

Dari hasil analisa yang trendline tersebut dapat disimpulkan bahwa hubungan matematis antara nilai data input dengan sudut posisi servo yang dihasilkan adalah :

$$\text{Sudut servo} = (0,2931 \times \text{data}) - 0,0215$$

Dengan persamaan tersebut, penentuan nilai data untuk pengaturan sudut servo akan lebih mudah didapatkan.

D. Pengujian kamera CMUcam5

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil pendeteksi warna merah pada alas arena robot sebagai acuan robot mampu berjalan dengan baik dan menghindari rintangan yang berada pada arena. Pengujian kamera ini dilakukan dengan mengkalibrasi warna merah terhadap objek garis.

Pengujian kamera terhadap objek garis ini dilakukan dengan menempatkan garis yang berada

ditengah-tengah robot yang akan membantu robot bernavigasi. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu dalam kondisi garis lurus, garis berada di samping kanan pixel dan garis berada di samping kiri pixel.

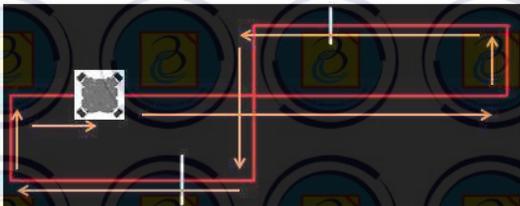


Gambar 8 Tampilan saat pengujian menggunakan kamera

Dari hasil percobaan Gambar 8 ketika garis berada ditengah-tengah robot yaitu koordinat blok titik tengah $x = 180$, ketika koordinat blok X menjadi 228 atau lebih maka posisi garis berada dikanan dari kamera dan ketika koordiniat blok X menjadi 102 atau kurang maka posisi garis berada dikiri dari kamera Pixy.

E. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sistem kinerja robot dalam pergerakan mencari objek garis sebagai acuan dan menghindari objek berupa furniture.



Gambar 9. Pengujian robot untuk ke arah kanan

Pada pengujian ini robot mengelilingi arena dengan mengikuti arah tanda panah menempuh waktu 5,23 menit dengan panjang lintasan 5,72 m. Didapatkan untuk mengetahui kecepatan robot yaitu menggunakan rumus kecepatan seperti dibawah ini.

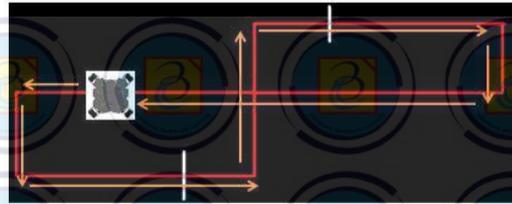
Diketahui : waktu tempuh 5,23 menit = 323 detik.
panjang lintasan 5,72 meter.

Ditanya : kecepatan robot.

Jawab : kecepatan = jarak / waktu.

$$\text{Kecepatan} = 5,72 / 323$$

$$\text{Kecepatan robot} = 0,017 \text{ m/s.}$$



Gambar 10. Pengujian robot untuk kearah kiri

Pada pengujian berikutnya robot dijalankan dengan arah yang berbeda menempuh waktu 5,18 menit dengan panjang lintasan 5,72 m. Didapatkan untuk mengetahui kecepatan robot yaitu menggunakan rumus kecepatan.

Diketahui : waktu tempuh 5,18 menit = 318 detik

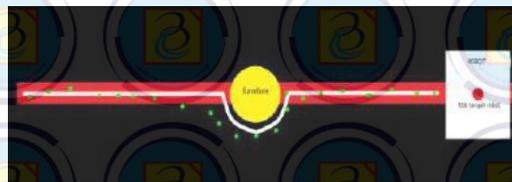
Panjang lintasan 5,72 meter.

Ditanya : kecepatan robot.

Jawab : Kecepatan = jarak / waktu .

$$\text{Kecepatan} = 5,72 / 318$$

$$\text{Kecepatan} = 0,017 \text{ m/s.}$$



Gambar 11. Pergerakan robot ketika menghindari furniture posisi ditengah

Robot bergerak maju mengikuti garis sampai robot tepat berhadapan dengan furniture kurang lebih dengan jarak dari 5cm maka robot akan berputar kekiri sampai posisi furniture berada di samping kanan robot dengan jarak kurang dari 10cm. lalu robot bergerak memutari furniture sampai robot bertemu kembali dengan garis merah dan akan bernavigasi kembali.

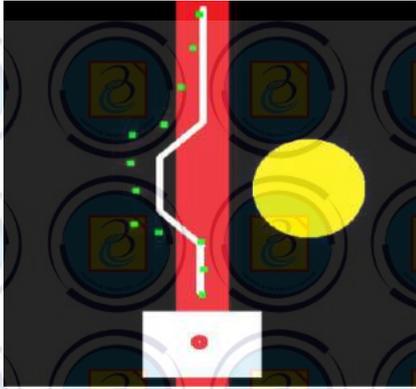
Untuk mengetahui kecepatan robot dalam percobaan diatas yaitu dengan menggunakan rumus kecepatan seperti dibawah ini.

Diketahui jarak 90 cm yang akan dirubah menjadi meter yaitu : 0,9 m

$$\text{Kecepatan} = \text{jarak} / \text{waktu}$$

$$\text{Kecepatan} = 0,9 / 25,04$$

$$\text{Kecepatan} = 0,035 \text{ m/s}$$



Gambar 12. Contoh sampel robot ketika menghindari furniture yang berada di kanan dan di kiri.

Pada percobaan robot berhasil ketika menghindari furniture yang berada di kanan dan di kiri

IV. KESIMPULAN

Kecepatan robot sekali berputar mengelilingi lintasan adalah 0,017 m/s dengan panjang lintasan 5,72 meter. Hasil yang didapatkan adalah robot bisa bernavigasi menggunakan kamera dengan baik dan berhasil dalam menghindari furniture.

REFERENSI

- [1]. Gor, M. M. et al. (2018) „Development of a compliant legged quadruped robot“, *Sādhanā*. Springer India, 43(7), pp. 1–18. doi: 10.1007/s12046-018-0918-7.
- Oak, S. and Narwane, V. (2014) „Design , Analysis and Fabrication of Quadruped Robot with Four bar Chain Leg Mechanism“, 1(6), pp. 340–345.
- [2]. Haryanto, I. et al. (2015) „ANALISA KINEMATIK , DINAMIK DAN METODE GERAK KAKI MODEL SNOOPER HEXAPOD ROBOT“, 17(3), pp. 137–144
- [3]. Iqbal, M., Hasrito, E. S. and Nurcahyo, G. W. (2015) „PENERAPAN FORWARD CHAINING“, 1(Senatkom), pp. 182–190.
- [4]. Mukti, J. R. et al. (2014) „RANCANG BANGUN PROTOTIP SNOOPER HEXAPOD ROBOT UNTUK SISTEM“, 2(3), pp. 282–287.
- [5]. Oak, S. and Narwane, V. (2014) „Design , Analysis and Fabrication of Quadruped Robot with Four bar Chain Leg Mechanism“, 1(6), pp. 340–345.