

RANCANG BANGUN ROBOT BERKAKI ENAM MENGGUNAKAN POLA GERAK *TRIPOD GAIT*

Dhia Farhan¹, Sujono², Nazori AZ³

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

¹1952500237@student.budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Dalam penelitian ini dirancang robot berkaki 6 (*hexapod*) mendeteksi adanya korban dengan diinterpretasikan berbentuk kubus berwarna orange dan melewati berbagai rintangan seperti jalan pecah, jalan menurun dengan bebatuan, jalan datar dengan bebatuan, jalan berlumpur bermediakan kelereng serta jalan menaiki anak tangga menggunakan pola gerak *Tripod Gait*. *Hexapod* ini dirancang memiliki ukuran 31,8 cm x 27,4 cm x 18 cm. Robot ini terdiri dari 18 motor servo yang masing-masing kaki menggunakan 3 servo, 2 sensor ultrasonik HC-SR04 kanan dan kiri sebagai sensor jarak antar robot dengan dinding, sensor warna TCS230 sebagai pendeteksian korban dan Arduino Mega2560 sebagai mikrokontroler yang mengatur kerja sistem pada robot. Ketika robot menemukan korban, maka lampu LED menyala sebagai pertanda korban ditemukan. Pada rintangan jalan lurus tanpa halangan dan dinding pembatas sejauh 120 cm dapat bergerak maju dengan kecepatan 18,6 detik dengan jarak melenceng 3,6 cm, pada jarak 80 cm memiliki kecepatan 12,8 detik dengan jarak melenceng 11,9 cm, dan pada jarak 40 cm memiliki kecepatan 7,1 detik dengan jarak melenceng 15,9 cm. Pada rintangan jalan pecah robot dapat melewati dengan kecepatan 20,7 detik, rintangan jalan menurun dengan bebatuan dapat melewati dengan kecepatan 20,3 detik, rintangan jalan datar dengan bebatuan dapat melewati dengan kecepatan 19,3 detik, rintangan jalan berlumpur dengan media kelereng dapat melewati dengan kecepatan 17,5 detik, namun pada rintangan menaiki anak tangga robot gagal dalam melewati rintangan.

Kata Kunci : *Tripod Gait, Hexapod, Sensor Ultrasonik, Sensor Warna, Kecepatan, Rintangan*

ABSTRACT

In this study, a six-legged robot (hexapod) was designed to detect the presence of a victim by interpreting the shape of an orange cube and passing through various obstacles such as a broken road, a downhill road with rocks, a flat road with rocks, a muddy road with marshes and a stair climb using the Gait Tripod movement pattern. The hexapod is designed to have a size of 31.8 cm x 27.4 cm x 18 cm. The robot consists of 18 servo motors that each foot uses 3 servos, 2 HC-SR04 ultrasonic sensors right and left as the sensor of the distance between the robot and the wall, the TCS230 color sensor as the detection of victims and the Arduino Mega2560 as the microcontroller that regulates the work of the system on the robot. When the robot finds the victim, the LED lights up to indicate the victim has been found. On obstacles a straight path without obstacles and boundary walls up to 120 cm can move forward at a speed of 18.6 seconds with a deviation of 3.6 cm, at a distance of 80 cm has a speed of 12.8 seconds with a deviation of 11.9 cm, and at a distance of 40 cm has a speed of 7.1 seconds with a deviation of 15.9 cm. On broken road obstacles the robot can pass with a speed of 20.7 seconds, on downhill road obstacles with rocks it can pass with a speed of 20.3 seconds, on flat road obstacles with rocks it can pass with a speed of 19.3 seconds, on muddy road obstacles with muddy media it can pass with a speed of 17.5 seconds, but on stair climbing obstacles the robot fails to pass the obstacles.

Keywords: *gait tripod, hexapod, ultrasonic sensor, color sensor, speed and resistance.*

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia terdapat sebuah kompetisi rancang bangun dan rekayasa dibidang robotika yang diadakan oleh Pusat Prestasi Nasional bernama KRI (Kontes Robot Indonesia). Kompetisi ini melibatkan berbagai universitas dari seluruh Indonesia dan terbagi menjadi beberapa divisi yang berbeda, salah satunya adalah Kontes Robot SAR Indonesia (KRSRI). Dalam suatu bencana alam tentunya akan terdapat korban yang berjatuh. Robot ini dibuat dengan tujuan untuk membantu dan memudahkan manusia dalam mendeteksi korban jiwa dengan melakukan pengevakuasian korban bencana alam, agar dapat meminimalisir jumlah korban jiwa.

Pada dasarnya robot perlu di kontrol dalam pergerakannya agar robot dapat berjalan dan melewati rintangan[1]. Robot ini menggunakan pola gerak *Tripod Gait*. Pola gerak ini memiliki pola langkah dengan menggunakan tiga buah kaki untuk menapak secara bersamaan sementara tiga buah kaki lainnya juga melangkah secara bersamaan, maka terdapat enam buah kaki dengan dibagikan menjadi dua kelompok yang bergerak bergantian.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh R Andianto, R. Maulana, dan G. E. Setyawan dengan judul “Perancangan dan Implementasi Sistem Pola Berjalan Pada Robot Hexapod Menggunakan Metode Inverse Kinematic” membahas suatu pola jalan yang dirancang dan diimplementasikan menggunakan inverse kinematic terbukti berhasil untuk membuat robot dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan[2]. Pada penelitian yang dilakukan oleh I. K. Wibowo, D. Preistian, dan F. Ardilla dengan judul “Kontrol Keseimbangan Robot Hexapod EILERO menggunakan Fuzzy Logic”, membahas sistem kontrol fuzzy yang dirancang dapat memberikan kontribusi yang cukup bagus dengan menyeimbangkan hexapod EILERO ketika dihadapkan pada bidang yang tidak datar[3]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Dwi Indro Widodo, Iwan Setiawan, Budi Setiyono dengan judul “Robot Berkaki Empat Pendeteksi Cahaya dan Penghindar Rintangan”, membahas kendali kecepatan robot dalam mencapai rintangan atau halangan tanpa menggunakan kontroler menghasilkan respon yang lambat. Sistem kontroler differensial (kd) berpengaruh pada sensitivitas sistem terhadap perubahan jarak dan arah gerak robot sangat berpengaruh terhadap pendeteksi bentuk rintangan yang berada di depan robot[4].

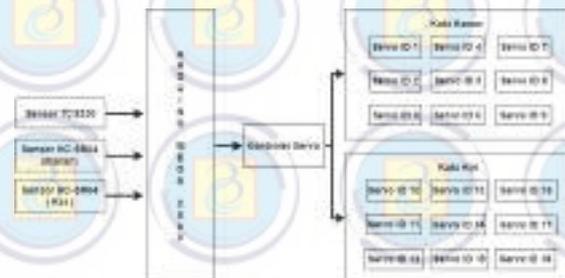
Pada penelitian yang dilakukan oleh I. A. Kurniawan, Feriyonika, dan S. Pramono dengan judul “Inverse dan Body Kinematics Pada Robot Hexapod”, membahas inverse kinematics untuk menghitung sudut-sudut yang harus dicapai dari

tiap sendi kaki agar mencapai titik yang diinginkan, juga body kinematics mengolah data posisi dari tubuh robot untuk mengkoordinasikan gerakan dari enam kaki robot sehingga robot dapat bergerak ke berbagai arah[5].

Penulisan paper ini disusun sebagai berikut, pertama pendahuluan dan sumber referensi dari berbagai penulis, juga terdapat perancangan sistem disajikan pada bab II, hasil pengujian dan pembahasan robot dijelaskan pada bab III, dan terakhir terdapat hasil kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan disajikan pada bab IV.

II. PERANCANGAN SISTEM

A. Diagram Blok Sistem

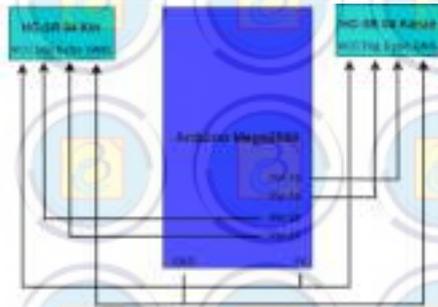


Gambar 1 Diagram Blok Sistem

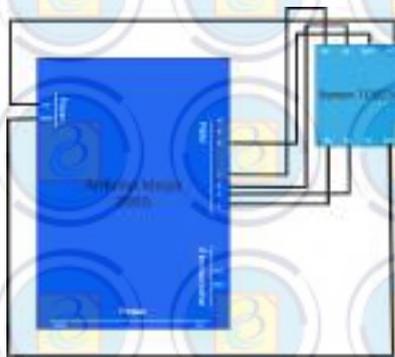
Prinsip kerja pada diagram blok ini ketika robot aktif dalam posisi *stand by* lalu sensor jarak HC-SR04 berfungsi sebagai deteksi jarak robot dengan dinding agar dapat berjalan mengikuti dinding dan tidak terjadi benturan, lalu sensor warna TCS230 sebagai pendeteksi objek yang diinterpretasikan dengan kubus berwarna orange, jika terdeteksi warna orange maka robot dalam posisi *stand by* dan LED menyala sebagai indikator warna orange terdeteksi, namun apabila sensor warna tidak mendeteksi warna orange maka robot tetap berjalan. Aktuator yang digunakan yaitu motor servo Dynamixel AX-12A sebanyak 18 buah dengan tiap kaki terdapat 3 buah motor servo juga IC74LS241N sebagai kontroler servo.

B. Rangkaian Sensor Ultrasonik dan Sensor Warna

Sensor 314arn ajika digunakan sebagai pendeteksian jarak robot dengan dinding untuk menghindari terjadinya benturan. Terdapat 2 buah sensor 314arn ajika yang terletak pada bagian atas kanan dan kiri robot dengan masing-masing memiliki 4 pin yaitu VCC, Ground, Trigger dan Echo. Sedangkan, sensor warna digunakan sebagai pendeteksi korban dengan diinterpretasikan berbentuk kubus dengan warna orange. Sensor warna terletak pada bagian atas tengah robot dengan menggunakan 7 pin yaitu VCC, Ground, S0, S1, S2, S3, dan Sout. Rangkaian sensor 314arn ajika dan sensor warna dapat dilihat pada Gambar 2 (a), dan (b).



(a)

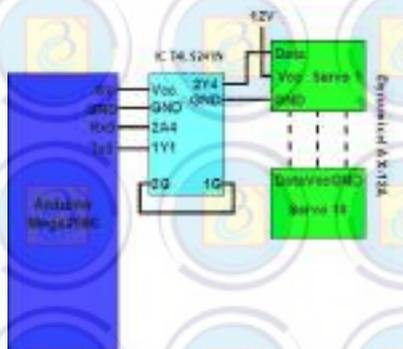


(b)

Gambar 2 (a) Rangkaian Sensor Ultrasonik dan (b) Rangkaian Sensor Warna

C. Rangkaian Kontroler Servo dan Motor Servo

Rangkaian kontroler servo ini menggunakan IC buffer 74LS241N, dikarenakan komunikasi serial yang dimiliki oleh Arduino Mega2560 adalah *full-duplex*, sedangkan komunikasi serial yang dimiliki oleh Dynamixel AX-12A adalah *half-duplex* maka dibutuhkan IC buffer ini sebagai pengubah komunikasi serial agar dapat terhubung antara Arduino Mega2560 dengan motor servo Dynamixel AX-12A. Motor servo ini digunakan sebagai aktuator atau penggerak robot yang memiliki sebanyak 18 motor servo dengan setiap kaki terdapat 3 buah motor servo. Rangkaian kontroler servo dan motor servo Dynamixel AX-12A dapat dilihat pada Gambar 3.



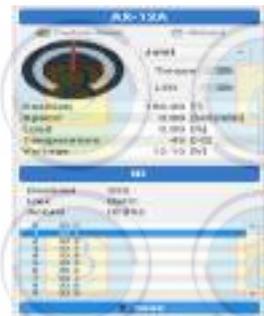
Gambar 3 Rangkaian Kontroler Servo IC74LS241N dan Motor Servo Dynamixel AX-12A

D. Perancangan Perangkat Lunak

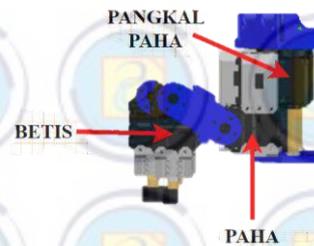
Perangkat lunak dalam penelitian ini

menggunakan algoritma pemrograman berbasis C dengan *software* Arduino IDE dan *software* DynamixelWizard2.0. Langkah awal yang dilakukan yaitu melakukan pengaturan ID pada tiap motor servo dengan cara menghubungkan motor servo dengan Usb2Dynamixel, ketika sudah terhubung maka pengguna dapat melakukan pengaturan ID sesuai yang diinginkan pada *software* Dynamixel Wizard2.0.

Hasil pengaturan pada ID motor servo kemudian diintegrasikan ke dalam *software* Arduino IDE. Proses selanjutnya melibatkan pengolahan data agar robot dapat melakukan gerakan sesuai dengan perintah yang diberikan. Perangkat lunak yang telah dirancang robot mampu untuk bergerak sesuai dengan instruksi yang telah diatur. Pengaturan ID motor servo dan struktur kaki robot dapat dilihat pada Gambar 4 (a), dan (b).



(a)



(b)

Gambar 4 (a) Pengaturan ID Motor Servo pada Software Dynamixel Wizard2.0, (b) Struktur Kaki Robot

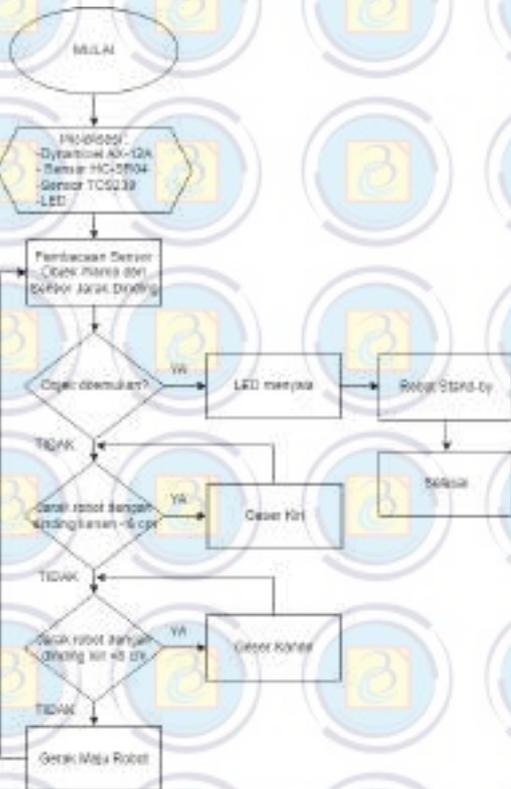
Tabel 1 Hasil Pengaturan ID

Motor Servo Dynamixel AX-12A			
No	Nama Servo	Servo ID	Fungsi Penggerak
1	Servo-1	1	Betis kanan depan.
2	Servo-2	2	Paha kanan depan.
3	Servo-3	3	Pangkal paha kanan depan.
4	Servo-4	4	Betis kiri depan.
5	Servo-5	5	Paha kiri depan.
6	Servo-6	6	Pangkal paha kiri depan.
7	Servo-7	7	Betis kaki kanan

			tengah.
8	Servo-8	8	Paha kaki kanan tengah.
9	Servo-9	9	Pangkal paha kanan tengah.
10	Servo-10	10	Betis kiri tengah.
11	Servo-11	11	Paha kiri tengah.
12	Servo-12	12	Pangkal paha kiri tengah.
13	Servo-13	13	Betis kanan belakang.
14	Servo-14	14	Paha kanan belakang.
15	Servo-15	15	Pangkal paha kanan belakang.
16	Servo-16	16	Betis kiri belakang.
17	Servo-17	17	Paha kiri belakang.
18	Servo-18	18	Pangkal paha kiri belakang.

E. Diagram Alir

Pada Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa alur kerja sistem dari robot diawali dengan melakukan inisialisasi terhadap semua perangkat yang terhubung langsung pada Arduino Mega2560. Ketika proses inisialisasi telah dilakukan maka robot dalam keadaan *standby*, kemudian dilakukannya proses pembacaan sensor. Pada proses sensor warna jika mendeteksi warna orange maka LED menyala sebagai indikator bahwa warna terdeteksi dan robot akan *standby*, namun jika tidak terdeteksi warna orange maka dilakukannya langkah berikutnya. Jika sensor kanan mendeteksi jarak robot dengan dinding <8 cm maka robot melakukan proses geser kiri dan kembali pada pengecekan sensor jarak kanan, sama halnya jika sensor kiri mendeteksi jarak robot dengan dinding <8 cm maka robot melakukan proses geser kanan dan kembali pada pengecekan sensor jarak kiri. Dan apabila sensor jarak kanan dan kiri tidak <8cm maka robot melakukan proses gerak maju.



Gambar 5 Diagram Alir Sistem

F. Pengaturan Gerak Robot

Tabel 2 Pengaturan Gerak Maju Robot (a) Step 1, dan (b) Step 2 (a)

Nomor Kaki	Servo ID	Position	Speed
Set A			
Kaki 2	4	310	200
	5	400	200
Kaki 4	6	510	200
	13	310	200
	14	600	200
Kaki 6	15	510	200
	16	310	200
	17	400	200
	18	300	200
Set B			
Kaki 1	1	310	200
	2	600	200
	3	300	200
Kaki 3	7	310	200
	8	400	200
	9	540	100
Kaki 5	10	310	200
	11	600	200
	12	560	100

(b)

Nomor Kaki	Servo ID	Position	Speed
Set A			
Kaki 2	4	310	200
	5	600	200
	6	700	200
Kaki 4	13	310	200
	14	400	200
	15	700	200
Kaki 6	16	310	200
	17	600	200
	18	510	200
Set B			
Kaki 1	1	310	200
	2	400	200
	3	510	200
Kaki 3	7	310	200
	8	600	200
	9	480	100
Kaki 5	10	310	200
	11	400	200
	12	480	100

Berdasarkan Tabel 2 (a) dan (b) merupakan pengaturan menggerakkan kaki pada robot untuk bergerak maju. Pengaturan ini memanfaatkan dengan tiga parameter yaitu ID, Posisi, dan Kecepatan untuk mengatur setiap servo. Dalam gerak maju pada robot terdapat dua step yang diperlukan.

Pada Tabel 2 (a) Set A digunakan untuk melangkah, sementara Set B berfungsi sebagai penyangga robot untuk menjaga stabilitas saat berjalan. Pola melangkah ini juga berlaku sebaliknya. Pada Tabel 2 (b) Set A digunakan menjadi penyangga robot dan Set B digunakan untuk melangkah. Dengan pengaturan ini menghasilkan pola gerak *Tripod Gait*, yaitu 3 kaki sebagai melangkah dan 3 kaki lainnya sebagai penopang robot agar mendapatkan kestabilan serta kecepatan yang baik ketika robot berjalan.

Berdasarkan pada Tabel 3 (a) merupakan pengaturan gerak geser kanan pada robot untuk menghindari terjadinya benturan dengan dinding kiri. Pengaturan ini sama seperti pengaturan gerak maju yang memanfaatkan tiga parameter. Pada pengaturan geser kanan terdapat 3 set yang dimana Set A bergerak terlebih dahulu kemudian disusul dengan Set B dan terakhir Set C. Pada ketiga set tersebut robot dapat bergeser kearah kanan agar menghindari terjadinya benturan dengan dinding kiri.

Pada Tabel 3 (b) merupakan pengaturan gerak geser kiri pada robot untuk menghindari terjadinya benturan dengan dinding kanan. Pengaturan ini sama seperti pada Tabel 3 (a) pengaturan geser kanan, yang berbeda hanyalah posisi pada tiap

servo dan langkah awal kaki. Pada pengaturan geser kiri juga terdapat 3 set yang dimana Set A bergerak terlebih dahulu kemudian disusul dengan Set B dan terakhir Set C. Pada ketiga set tersebut robot dapat bergeser kearah kiri agar menghindari terjadinya benturan dengan dinding kanan.

Tabel 3 Pengaturan (a) Geser Kanan, dan (b) Geser Kiri.

(a)

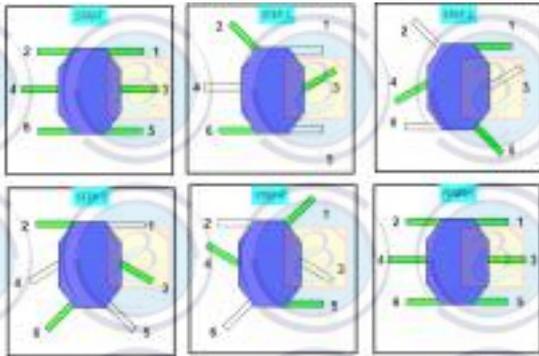
Nomor Kaki	Servo ID	Position	Speed
Set A			
Kaki 1	1	310	200
	2	400	200
	3	400	200
Kaki 6	16	310	200
	17	400	200
	18	400	200
Set B			
Kaki 3	7	310	200
	8	400	200
	9	560	200
Kaki 4	10	310	200
	11	400	200
	12	560	200
Set C			
Kaki 2	4	310	200
	5	400	200
	6	800	200
Kaki 5	13	310	200
	14	400	200
	15	800	200

(b)

Nomor Kaki	Servo ID	Position	Speed
Set A			
Kaki 2	4	310	200
	5	400	200
	6	600	200
Kaki 5	13	310	200
	14	400	200
	15	600	200
Set B			
Kaki 3	7	310	200
	8	300	200
	9	380	200
Kaki 4	10	310	200
	11	300	200
	12	380	200
Set C			
Kaki 1	7	310	200
	8	300	200
	9	380	200
Kaki 8	10	310	200
	11	300	200
	12	380	200

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Gerak Maju Robot



Gambar 6 Pengujian Gerak Maju Robot

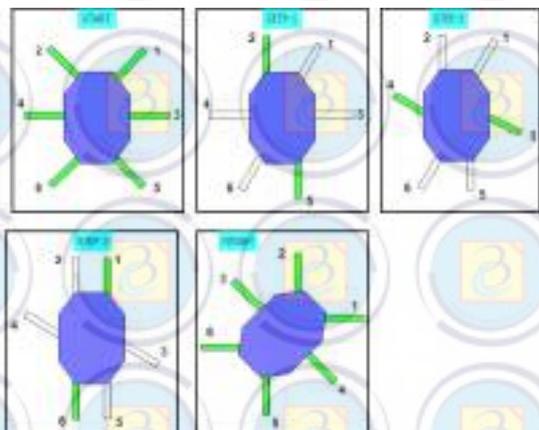
Pengujian gerak maju menggunakan pola gerak dengan jenis *Tripod Gait*, pola gerak ini memiliki tingkat ke stabilan yang baik. Pada pola gerak robot ini tiga kaki berada di tanah berfungsi sebagai menopang robot, dan tiga kaki lainnya sebagai langkah maju robot. Pada Gambar 6 dapat dilihat pola gerak maju robot.

Pada Tabel 4 merupakan langkah-langkah kaki dalam pergerakan langkah maju robot, yang dimana kaki 2,3,6 berjalan terlebih dahulu dengan kemudian disusul oleh kaki 1,4,5. Pola inilah yang disebut dengan *Tripod Gait*.

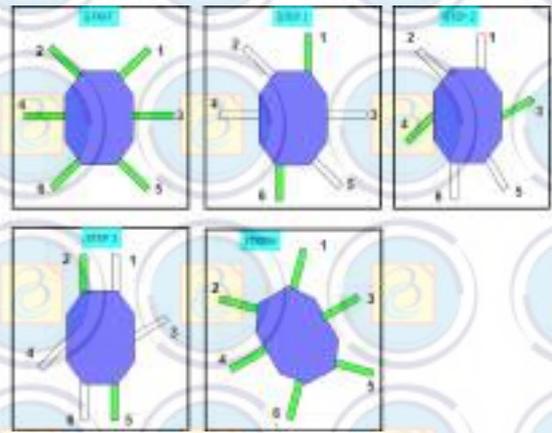
Tabel 4 Urutan Langkah Maju Robot

Kaki	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
1	Turun	Mundur	Angkat	Maju
2	Angkat	Maju	Turun	Mundur
3	Angkat	Maju	Turun	Mundur
4	Turun	Mundur	Angkat	Maju
5	Turun	Mundur	Angkat	Maju
6	Angkat	Maju	Turun	Mundur

2. Pengujian Gerak Geser Robot



(a)



(b)

Gambar 7 (a) Pengujian Geser Kanan, dan (b) Pengujian Geser Kiri

Pengujian gerak geser difungsikan apabila robot bergerak semakin dekat dengan dinding maka robot akan bergeser hingga kembali pada posisi tengah agar robot dapat berjalan dengan baik kembali.

Pada Tabel 5 (a) merupakan langkah-langkah kaki dalam pergerakan geser kanan robot dengan sesuai urutan kaki, yang dimana kaki 2 dan 5 bergerak terlebih dahulu, lalu disusul dengan kaki 3 dan 4 dan kemudian kaki 1 dan 6 bergerak. Sehingga robot dapat bergeser ke arah kanan dan kembali pada keadaan awal.

Pada Tabel 5 (b) merupakan langkah-langkah kaki dalam pergerakan geser kiri robot dengan sesuai nomor kaki, yang dimana kaki 1 dan 6 bergerak terlebih dahulu, lalu disusul dengan kaki 3 dan 4 dan kemudian kaki 2 dan 5 bergerak. Sehingga robot dapat bergeser ke arah kiri dan kembali pada keadaan awal.

Tabel 5 Urutan Langkah (a) Geser Kanan, dan (b) Geser Kiri

(a)

Kaki	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
1	Turun	Maju	Angkat	Mundur
2	Angkat	Maju	Turun	Mundur
3	Angkat	Mundur	Turun	Maju
4	Angkat	Maju	Turun	Mundur
5	Angkat	Mundur	Turun	Maju
6	Angkat	Mundur	Turun	Maju

(b)

Kaki	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
1	Angkat	Maju	Turun	Mundur
2	Turun	Maju	Turun	Mundur
3	Angkat	Maju	Angkat	Mundur
4	Angkat	Mundur	Turun	Maju
5	Angkat	Mundur	Turun	Maju
6	Angkat	Mundur	Turun	Maju

3. Pengujian Jalan Lurus Tanpa Sensor Jarak



Gambar 8 Pengujian Jalan Lurus Tanpa Sensor Ultrasonik

Pengujian ini bertujuan untuk melakukan pengukuran akurasi pada gerak jalan lurus, serta menghitung waktu yang ditempuh pada robot dari *start* hingga *finish*. Pengujian ini memiliki tiga jarak yang berbeda diantaranya 120 cm, 80cm, dan 40 cm yang tiap jaraknya dilakukan pengujian sebanyak sepuluh kali dengan mencatat kecepatan dan jarak melenceng (menyimpang) robot terhadap garis lurus. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 8 dan Tabel 6 (a), (b), dan (c).

Berdasarkan pada pengujian jalan lurus tanpa sensor ultrasonik, robot dapat melenceng dikarenakan lantai dasar didasari dengan ubin atau keramik dan tanpa alas seperti karpet atau tikar yang menyebabkan robot terpeleset dan robot menjadi bergeser dan melenceng. Selain itu juga dikarenakan tidak adanya dinding pembatas serta sensor jarak, yang dimana dinding pembatas dapat mengatasi jarak melenceng dan sensor jarak dapat mendeteksi adanya dinding agar robot tetap berjalan lurus.

Tabel 6 Pengujian Waktu Tempuh dan Jarak Melenceng dari Garis Lurus

(a) Jarak 120 cm

Uji ke-	Jarak Tempuh (cm)	Pengukuran Waktu (second)	Jarak Melenceng (cm)
1	120	20,8	4
2	120	22,3	6,2
3	120	21,7	5,1
4	120	27,3	20,3
5	120	18,9	6,8
6	120	24,3	5,3
7	120	25,6	10,4
8	120	24,2	8,7
9	120	18,6	3,6
10	120	20,4	5,2

(b) Jarak 80 cm

Uji ke-	Jarak Tempuh (cm)	Pengukuran Waktu (second)	Jarak Melenceng (cm)
1	80	13,1	9,2
2	80	15,6	12,5
3	80	13,7	8,4
4	80	14,2	8,6
5	80	15,2	9,7
6	80	16,1	13,1
7	80	12,8	11,9
8	80	16,4	17,2
9	80	14,1	9,6
10	80	15,5	9,1

(c) Jarak 40 cm

Uji ke-	Jarak Tempuh (cm)	Pengukuran Waktu (second)	Jarak Melenceng (cm)
1	40	7,5	4,5
2	40	10,2	6,7
3	40	8,4	12,6
4	40	14,6	5,2
5	40	7,1	15,9
6	40	7,8	9,9
7	40	9,8	5,8
8	40	8,9	6,1
9	40	17,2	5,3
10	40	8,1	4,9

4. Pengujian Rintangan Jalan Pecah



Gambar 9 Pengujian Robot Pada Rintangan Jalan Pecah

Pada pengujian ini dilakukan melakukan pengukuran waktu dalam melewati rintangan jalan pecah, seberapa lama robot dapat melewati rintangan jalan pecah dengan panjang rintangan 40 cm, dan lebar 45 cm. Pada pengujian rintangan jalan pecah dapat dilihat pada Tabel 7. Robot memiliki waktu paling lama yaitu 35,2 detik dan paling cepat 20,7 detik untuk melewati rintangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot kesulitan dalam melewati rintangan dikarenakan terjadinya kaki tersangkut dan membutuhkan waktu lebih untuk keluar dari jebakan tersebut.

Tabel 7 Hasil Pengujian Waktu Tempuh Rintangan Rintangan Jalan Pecah

Uji ke -	Dimensi Arena	Pengukuran Waktu (second)
1	40x45	35,2
2	40x45	20,7
3	40x45	25,1
4	40x45	28,5
5	40x45	18,9
6	40x45	24,3
7	40x45	25,6
8	40x45	24,2
9	40x45	18,6
10	40x45	20,4

1	40 cm x 45 cm	21,9
2	40 cm x 45 cm	30,5
3	40 cm x 45 cm	24,3
4	40 cm x 45 cm	28,1
5	40 cm x 45 cm	22,6
6	40 cm x 45 cm	35,2
7	40 cm x 45 cm	20,7
8	40 cm x 45 cm	21,4
9	40 cm x 45 cm	26,3
10	40 cm x 45 cm	29,1

5. Pengujian Rintang Jalan Menurun dengan Bebatuan



Gambar 10 Pengujian Robot Pada Rintang Jalan Menurun Dengan Bebatuan

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengukur waktu dalam melewati rintangan dengan jalan menurun dan bebatuan agar mengetahui seberapa lama robot dapat melewati rintangan dengan panjang rintangan 40 cm, dan lebar 45 cm. Pada pengujian melewati rintangan jalan menurun dengan bebatuan memiliki waktu paling lama sebesar 27,2 dikarenakan *delay* geser pada robot tidak di *set* cepat dan butuh waktu kurang lebih dari 5 detik untuk bergeser. Dan paling cepat 20,3 dikarenakan robot berjalan dengan baik dan tidak terjadi pergeseran.

Tabel 8 Hasil Pengujian Waktu Tempuh Pada Rintang Jalan Menurun dengan Bebatuan

Uji ke -	Waktu Tempuh (second)	Dimensi Arena (cm)	
		Vertical	Horizontal
1	20,3	20	80
2	24,6	20	80
3	23,7	20	80
4	20,7	20	80
5	23,4	20	80
6	21,6	20	80
7	27,2	20	80
8	22,5	20	80

9	20,8	20	80
10	22,8	20	80

6. Pengujian Rintang Jalan Datar dengan Bebatuan



Gambar 11 Pengujian Robot Pada Rintang Jalan Datar Berbatuan

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengukur waktu dalam melewati rintangan jalan datar dengan medan bebatuan. Pengujian melakukan pengukuran terhadap waktu yang di tempuh dengan panjang rintangan 40 cm, dan lebar 45 cm. Pada pengujian dengan melewati rintangan jalan datar dengan bebatuan memiliki waktu paling lama sebesar 23,5 dikarenakan *delay* geser pada robot tidak di *set* cepat dan butuh waktu kurang lebih dari 5 detik untuk bergeser. Dan paling cepat sebesar 19,3 dikarenakan robot berjalan dengan baik dan tidak terjadi pergeseran. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil Pengujian Waktu Tempuh Pada Jalan Datar Berbatuan

Uji ke -	Dimensi Arena	Waktu Tempuh (second)
1	40 cm x 45 cm	20,3
2	40 cm x 45 cm	19,8
3	40 cm x 45 cm	21,2
4	40 cm x 45 cm	20,9
5	40 cm x 45 cm	22,4
6	40 cm x 45 cm	23,5
7	40 cm x 45 cm	21,7
8	40 cm x 45 cm	20,1
9	40 cm x 45 cm	19,3
10	40 cm x 45 cm	20,6

7. Pengujian Rintang Berlumpur dengan Media Kelereng



Gambar 12 Pengujian Robot Pada Rintangan Berlumpur Dengan Media Kelereng

Pada pengujian ini dilakukan dengan bertujuan untuk mengukur waktu dalam melewati rintangan berlumpur namun pada Buku Pedoman KRSRI 2023 media lumpur yang digunakan bukan tanah basah melainkan dengan kelereng dengan panjang rintangan 40 cm, dan lebar 45 cm. Pada pengujian dengan melewati rintangan jalan berlumpur menggunakan media kelereng memiliki waktu paling lama sebesar 28,1 dikarenakan *delay* geser pada robot tidak di *set* cepat dan butuh waktu kurang lebih dari 5 detik untuk bergeser. Dan paling cepat sebesar 17,5 dikarenakan pada kaki robot berjalan dengan baik dan tidak terjadi pergeseran. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil Pengujian Waktu Tempuh Pada Jalan Berlumpur dengan Media Kelereng

Uji ke -	Dimensi Arena	Waktu Tempuh (second)
1	40 cm x 45 cm	25,5
2	40 cm x 45 cm	27,9
3	40 cm x 45 cm	25,3
4	40 cm x 45 cm	26,8
5	40 cm x 45 cm	19,2
6	40 cm x 45 cm	17,5
7	40 cm x 45 cm	24,9
8	40 cm x 45 cm	26,2
9	40 cm x 45 cm	28,1
10	40 cm x 45 cm	25,8

8. Pengujian Rintangan Menaiki Anak Tangga

Pada pengujian rintangan ini dinyatakan belum berhasil dalam melakukan menaiki anak tangga, karena langkah kaki yang di *set* pada robot ini tidak cocok untuk menaiki anak tangga. Maka diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mode rintangan dalam menaiki anak tangga.

IV. KESIMPULAN

Dalam pengujian pola gerak Tripod Gait, robot berhasil memperlihatkan kemampuan pergerakan sesuai harapan, meskipun kecepatannya dipengaruhi oleh tegangan baterai dan *delay* program. Dalam pengujian gerak lurus tanpa halangan, jarak melenceng bervariasi, dengan melenceng terkecil pada jarak 120 cm sekitar 3,6 cm, pada jarak 80 cm sekitar 8,4 cm, dan pada jarak 40 cm sekitar 4,5 cm.

Selanjutnya, dalam pengujian melewati rintangan menurun dengan bebatuan, robot mencatatkan waktu tercepat 20,3 detik dan waktu terlama 27,2 detik. Kecepatan pergerakan dipengaruhi oleh adanya *delay* saat bergeser. Demikian pula, dalam pengujian serupa di permukaan datar dengan bebatuan, robot mencapai waktu tercepat 19,3 detik dan waktu terlama 23,5 detik, dengan lamanya pergerakan juga dipengaruhi oleh *delay* saat bergeser. Ketika diuji pada rintangan berlumpur dengan media kelereng, robot mencapai waktu tercepat selama 17,5 detik dan waktu terlama 28,1 detik, dengan lamanya pergerakan yang juga dipengaruhi oleh adanya *delay* saat bergeser. Namun, pada pengujian menaiki anak tangga, robot belum berhasil dikarenakan langkah kaki yang diatur tidak sesuai, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi kendala ini. Terakhir, berhasil dilakukan pengujian mendeteksi korban dengan lampu LED menyala sebagai indikator dan robot *stand by*.

REFERENSI

- [1] O. Saputra and A. Musafa, "Desain Gerakan Robot Berkaki 4," *J. Maest.*, vol. 2, no. 1, pp. 219–226, 2019.
- [2] R. Andianto, R. Maulana, and G. E. Setyawan, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pola Berjalan Pada Robot Humanoid Menggunakan Metode Inverse Kinematic," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 8, pp. 2753–2760, 2018.
- [3] I. K. WIBOWO, D. PRESTIAN, and F. ARDILLA, "Kontrol Keseimbangan Robot Hexapod EILERO menggunakan Fuzzy Logic," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 3, p. 533, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i3.533.
- [4] D. I. Widodo, I. Setiawan, B. Setiyono, "Robot Berkaki Empat Pendeteksi Cahaya dan Penghindar Rintangan," *Control*, pp. 1–7, 2011.
- [5] I. A. Kurniawan, Feriyonika, and S. Pramono, "Inverse dan Body Kinematics pada Robot Hexapod," *Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 9, pp. 115–123, 2018.