

SISTEM KONTROL GERAK ROBOT BIPED

Dorianta Surbakti¹, Sujono²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia

¹dorikarokaro99@gmail.com, ²soejon@gmail.com

ABSTRAK

Robot biped merupakan robot berkaki dua yang dapat bergerak dengan leluasa dan dapat berjalan layaknya manusia. Robot ini memiliki struktur kaki seperti manusia dan memiliki sendi-sendi yang mewakili pergelangan kaki, lutut, dan pinggul. Pada robot biped, menjaga keseimbangan badan saat diam maupun dalam keadaan berjalan merupakan hal yang sangat mendasar. Pada paper ini telah dibuat robot berkaki dua (biped) yang dapat berjalan maju dengan seimbang. Pembuatan Robot Biped ini bertujuan untuk mengamati kinerja pergerakan robot bergerak maju tanpa terjatuh. Setelah pengujian dilakukan, pergerakan robot saat bergerak maju pada kecepatan 1, robot mampu bergerak maju tanpa terjatuh sampai pada jarak 100 cm. Untuk gerak maju kecepatan 2, dalam beberapa pengujian robot dapat bergerak maju sampai jarak 100 cm walaupun sempat terjatuh pada pengujian berikutnya, tetapi saat melakukan koreksi dan diuji kembali robot akhirnya dapat bergerak maju tanpa terjatuh. Untuk jalan maju kecepatan 3, pada pengujian keseluruhan robot mampu berjalan maju tanpa terjatuh sampai jarak 100 cm. Pergerakan robot paling jauh saat diuji yaitu mencapai jarak 2 meter 30 cm dengan waktu tempuh 3 menit 7 detik. Pada pengujian ini, pergerakan jalannya robot tidak lurus karena saat berjalan kedua pangkal paha kaki kurang diangkat sehingga ada gesekan telapak kaki dengan lintasan dan menyebabkan perubahan pergerakan posisi kedua kaki robot.

Kata kunci: Robot Biped, Arduino Uno, Sensor Ultrasonik, Motor Servo, Servo Controller SSC-32

ABSTRACT

Biped robot is a two-legged robot that can move freely and can walk like a human. This robot has a leg structure like a human and has joints that represent the ankles, knees, and hips. In biped robots, keeping the balance of the body at rest and in the running state is very basic. In this final project will be made biped to be able to walk balanced. Biped Robot performance is aimed to observe the movement of robot movements move forward without falling. After testing is done, the movement of the robot when moving forward at the speed of 1, the robot is able to forward without falling to a distance of 100 cm. For speed 2 forward motion, in some robot testing it can travel up to 100 cm even though it fell down on the next test, but when doing the correction and tested back the end can move forward without falling. To speed road speed 3, on testing the whole robot is able to walk forward without falling to a distance of 100 cm. The movement of the robot is the most distant when the test is reached by 2 meters 30 cm with a time of 3 minutes 7s. In testing, the movement of the robot road is not straight because when walking both legs are less elevated so there is friction of the foot with a ross and cause changes in the movement of the two robot legs.

Keywords—Biped Robot, Arduino Uno, Ultrasonic Sensor, Servo Motor, Servo Controller SSC-32

I. PENDAHULUAN

Robot Biped merupakan robot berkaki dua yang dapat bergerak seperti manusia, memiliki struktur kaki seperti manusia dan memiliki sendi-sendi yang mewakili pergelangan kaki, lutut, dan pinggul.

Penggunaan Sensor *Accelerometer* dan Sensor *Ultrasonic* sangat efektif terhadap kinerja robot saat berjalan maju dengan seimbang dan menghindari obyek didepan robot [1]. Penggunaan *Invers*

Kinematika pada pergerakan kaki robot didapatkan error sebesar 2,08% saat kaki kanan posisi kebelakang dan 4,44% saat kaki kiri posisi kebelakang [2]. Metode *Fuzzy Logic* yang diterapkan pada robot dapat menyeimbangkan posisi pergerakan robot walaupun belum sempurna [3]. Metode *AMPC (Augmented Model Predictive Control)* yang diaplikasikan pada robot dengan titik acuan *CoM* dan *ZMP* robot dapat bergerak maju dengan stabil [4]. Penggunaan *Invers Kinematic* dan

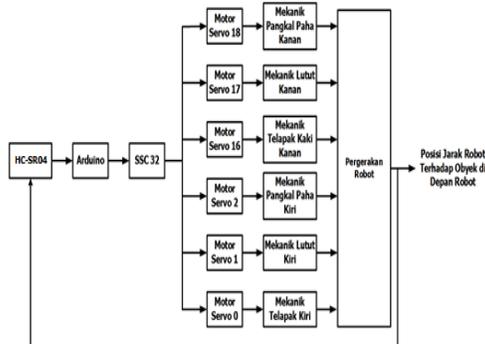
Sensor MPU 6050 dapat membuat robot berjalan maju dengan nilai error 0,4, error jalan mundur 1,4, error jalan samping kiri 15,9 dan error jalan samping kanan 7,5 [5]. Penerapan Navigasi Arah Berbasis *Graphical User Interface* dengan model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implement, Evaluate*) dapat mengarahkan robot berjalan maju dengan toleransi sudut 0-10° [6].

Pada paper telah dibuat robot berkaki dua (Biped) mampu bergerak maju dan tidak terjatuh saat bergerak maju pada lintasan dengan jarak 100 cm. Pergerakan robot dikendalikan dengan mengatur lebar pulsa motor servo pada kaki robot.

II. RANCANGAN SISTEM

A. Diagram Blok Sistem

Berikut ini merupakan diagram blok sistem kerja pada robot biped :



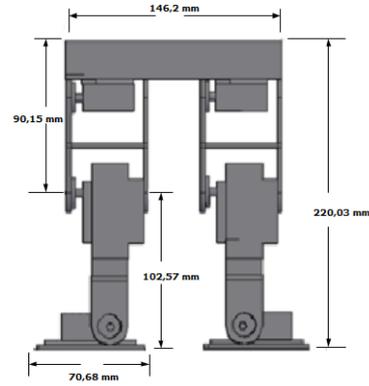
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

B. Prinsip Kerja Robot

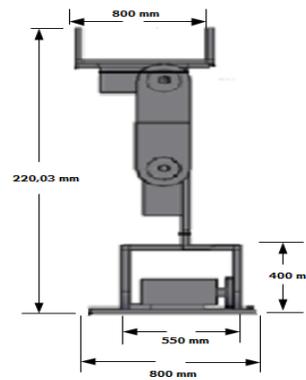
Prinsip kerja robot dari diagram blok sistem diatas yaitu Mikrokontroller akan mengirimkan lebar pulsa yang sudah diatur ke SSC 32 sebagai pengendali motor servo dan diteruskan ke motor servo untuk menggerakkan kedua kaki robot. Saat robot bergerak maju, sensor jarak pada robot akan mendeteksi obyek. Ketika sensor jarak mendeteksi obyek dengan jarak 20 cm maka robot diperintahkan untuk berhenti supaya robot tidak menabrak obyek tersebut.

C. Rancangan Mekanik

Pada paper ini telah dirancang desain dari robot biped. Untuk rancangan kaki robot memiliki 3 servo di kaki kanan dan 3 motor servo di kaki kiri. Untuk setiap ukurannya dapat dilihat pada Gambar.2 berikut.



(a) Tampak Depan

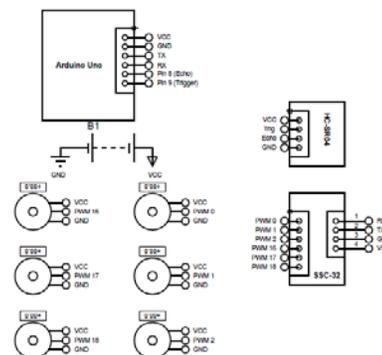


(b) Tampak Samping

Gambar 2. Rancangan Mekanik Robot

D. Rangkaian Minimum Sistem Robot

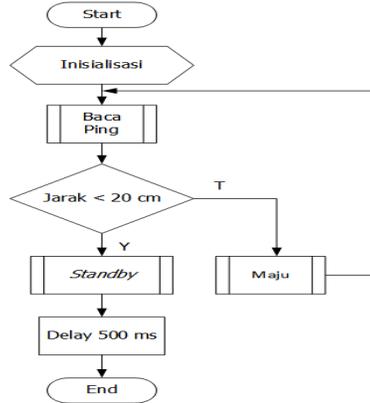
Berikut ini rangkaian sistem robot menggunakan Arduino UNO sebagai pusat kendali untuk mengendalikan pergerakan robot saat bergerak maju.



Gambar 3. Rangkaian Minimum Sistem Robot

E. Diagram Alir Sistem Robot

Berikut ini merupakan diagram alir sistem kerja robot yang dibuat dari setiap sub-sub program pada Arduino.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem Robot

III. HASIL DAN ANALISA

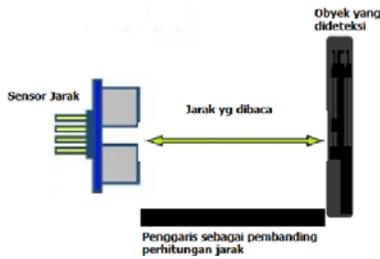
Pada pengujian sistem robot, telah dilakukan beberapa pengujian meliputi :

1. Pengujian sensor jarak.
2. Pengujian motor servo.
3. Gerak maju jalan lambat (kecepatan 1)
4. Gerak maju jalan santai (kecepatan 2).
5. Gerak maju jalan cepat (kecepatan 3).
6. Pengujian robot gerak maju jarak terjauh.

A. Pengujian Sensor Jarak

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai kesalahan saat proses pembacaan jarak oleh sensor. Cara pengujiannya yaitu meletakkan obyek didepan sensor mulai dari jarak terdekat pada jarak 3 cm kemudian memindahkan obyek secara bertahap sehingga jarak antara obyek dengan sensor akan semakin jauh, jarak terjauh saat pengujian yaitu 60 cm. Bahan yang digunakan untuk pengujian yaitu :

- Penggaris 30 cm.
- Buku sebagai media menghitung jarak.
- HC-SR04.
- Arduino.
- Kabel jumper.



Gambar 5. Pengujian sensor jarak

Tabel.1 Hasil Pengujian Sensor Jarak

Jarak Sebenarnya (cm)	Nilai Counter (µs)	Jarak Pembacaan Sensor (cm)
3	187	3,179
5	299	5,083
15	887	15,079
30	1765	30,005
60	3532	60,044

Dari Tabel.1 nilai counter dan nilai jarak pembacaan sensor diperoleh dari tampilan Serial Monitor pada laptop/komputer saat pemrograman sensor jarak dilakukan. Berdasarkan hasil nilai counter dari sensor jarak, maka dapat dikonversi menjadi jarak dengan rumus berikut :

$$S = \frac{0,034 \text{ cm} / \mu\text{s} \cdot t}{2}$$

$$S = \frac{0,034 \text{ cm} / \mu\text{s} \cdot 187 \mu\text{s}}{2} = 3,179 \text{ cm.}$$

Setelah dikonversikan nilai counter ke dalam jarak maka didapatkan data sebagai berikut :

Tabel.2 Hasil Nilai Counter Sensor Jarak

Jarak Sebenarnya (cm)	Nilai Counter (µs)	Jarak Pembacaan Sensor (cm)	Kesalahan (cm)
3	187	3,179	-0,179
5	299	5,083	-0,083
15	887	15,079	-0,079
30	1765	30,005	-0,005
60	3532	60,044	-0,044
Total Kesalahan			-0,39
Rata-Rata			-0,078

Dari hasil pengujian sensor jarak diatas, dapat dihitung rata-rata kesalahan dengan rumus :

$$\text{Kesalahan} = \text{Jarak Sebenarnya} - \text{Jarak Pembacaan Sensor}$$

$$\text{Rata-Rata Kesalahan} = \frac{\text{Akumulasi nilai kesalahan}}{\text{Jumlah percobaan}}$$

$$= \frac{-0,39}{5} = -0,078.$$

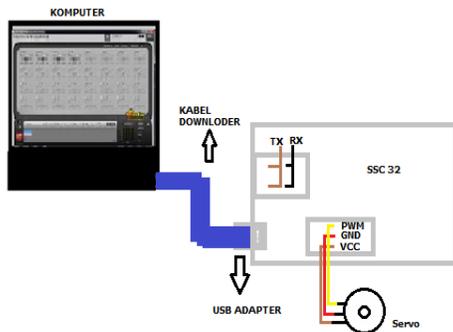
Dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata kesalahan saat pembacaan jarak sebesar -0,078.

B. Pengujian Motor Servo

Pengujian motor servo dilakukan untuk mengetahui sudut putar pada motor servo. Pengujian motor servo dilakukan dengan cara memberikan lebar pulsa pada motor servo yang diatur melalui software *Lynx Motion*. Setelah diberi lebar pulsa, motor servo akan berputar sesuai dengan jumlah lebar pulsa yang diberikan. Nilai sudut akan didapatkan melalui pembacaan pada busur (°) saat motor servo berhenti berputar. Bahan yang digunakan dalam pengujian sebagai berikut :

- SSC 32.
- Software *Lynx Motion*.
- Motor servo.
- Kabel jumper.

- Busur 180°.



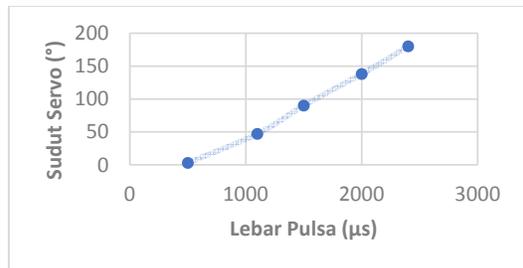
Gambar.6 Pengujian Motor Servo

Sudut putar yang dihasilkan setelah diberikan lebar pulsa pada motor servo dapat dilihat pada Tabel.3. Maksimal nilai putaran motor servo sebesar 180°.

Tabel.3 Hasil Pengujian Motor Servo

No	Lebar Pulsa (µs)	Sudut Servo (°)	Periode
1	500 µs	3°	20 ms
2	1100 µs	47°	
3	1500 µs	90°	
4	2000 µs	138°	
5	2400 µs	180°	

Dari Tabel.3 dapat dibuat grafik seperti dibawah ini untuk melihat perbandingan kenaikan nilai sudut setelah diberikan nilai lebar pulsa pada motor servo.



Gambar.7 Grafik Hubungan Putaran Sudut Servo dengan Lebar Pulsa

Dari pengujian motor servo, dapat dihitung lebar pulsa untuk mendapatkan kenaikan sudut sebesar 1° dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Lebar pulsa} / 1^\circ &= \frac{(2400-500)}{180^\circ} \mu\text{s} \\ &= \frac{1900}{180^\circ} \mu\text{s} \\ &= 10,56 \mu\text{s}. \end{aligned}$$

Dapat disimpulkan dari hasil perhitungan diatas bahwa ketika diberikan lebar pulsa nilai lebar pulsa sebesar 10,56 µs terhadap motor servo akan mengalami kenaikan sudut 1°.

C. Gerak Maju Jalan Lambat (Kecepatan 1)

Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengamati pergerakan kedua kaki robot saat bergerak maju dengan lambat pada lintasan lurus berjarak 100 cm dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai jarak 100 cm. Cara pengujian dilakukan dengan mengatur

nilai lebar pulsa motor servo pada kaki robot supaya robot dapat bergerak maju serta diatur waktu pergerakan (*delay*) yang berbeda-beda terhadap kedua kaki robot dan waktu kecepatan putar motor servo (*time*).

Tabel.4 Hasil Pengujian Gerak Jalan lambat Pada Lintasan Berjarak 100 cm

	Delay (ms)	Time (ms)	Jarak Tempuh (cm)	Waktu Tempuh
Maju Jalan Lambat	1000	100	100 cm	1 menit 35,9 detik
	1100	200	100 cm	2 menit 14,4 detik
	1200	300	100 cm	2 menit 29,7 detik
	1300	400	100 cm	3 menit 2 detik
	1400	500	100 cm	3 menit 6,7 detik

Setelah robot diuji, didapatkan data seperti pada Tabel.4 dan dapat disimpulkan bahwa setiap pengujian yang sudah dilakukan robot dapat bergerak maju dengan lambat sampai pada jarak 100 cm dan tidak jatuh dengan waktu tempuh yang dicapai berbeda-beda (lihat Tabel.4). Semakin besar waktu pergerakan kedua kaki robot (*delay*) dan waktu kecepatan putar motor servo maka pergerakan robot akan semakin melambat dan waktu tempuh juga akan semakin lama.

D. Gerakan Maju Jalan Santai (Kecepatan 2)

Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengamati pergerakan kedua kaki robot saat bergerak maju dengan jalan santai pada lintasan lurus berjarak 100 cm dan waktu yang akan dibutuhkan untuk mencapai jarak 100 cm. Cara pengujian dilakukan dengan mengatur nilai lebar pulsa setiap motor servo pada kaki robot supaya robot dapat bergerak maju serta diatur waktu pergerakan (*delay*) pada kaki robot dan kecepatan putar motor servo (*time*).

Tabel.5 Hasil Pengujian Gerak Maju Jalan Santai Pada Lintasan 100 cm

	Delay (ms)	Time (ms)	Jarak Tempuh (cm)	Waktu Tempuh
Maju Jalan Santai	500	100	30 cm	1 menit 4 detik
	600	200	100 cm	1 menit 32,1 detik
	700	300	100 cm	1 menit 44,2 detik
	800	400	100 cm	1 menit 57,2 detik
	900	500	50 cm (jatuh)	1 menit 1 detik
	900 (Setelah Koreksi Tabel.6)	500	100 cm	2 menit 41,9 detik

Pada pengujian kelima dapat dilihat pengujian robot tidak berhasil, dimana robot jatuh pada jarak 50 cm. Maka perlu dilakukan koreksi terhadap motor servo dan dilakukan pengujian ulang. *T_{ON}* merupakan waktu *High* motor servo saat diberi lebar pulsa.

Tabel 6. Koreksi Motor Servo Saat Robot Terjatuh Saat Pengujian Kelima

	Kaki kanan			Kaki Kiri		
	<i>T_{ON}</i> Servo 16 (telapak kaki) µs	<i>T_{ON}</i> Servo 17 (lutut) µs	<i>T_{ON}</i> Servo 18 (pangkal paha) µs	<i>T_{ON}</i> Servo 0 (telapak kaki) µs	<i>T_{ON}</i> Servo 1 (lutut) µs	<i>T_{ON}</i> Servo 2 (pangkal paha) µs
Nilai PWM Motor servo sebelum koreksi (µs)	1660	1150	1320	1720	1200	1280
	1810	1150	1320	1620	1200	1280
	1660	940	1010	1520	1210	1260
	1660	1150	1320	1700	1200	1380
	1760	1150	1300	1570	1210	1270
	1810	1150	1320	1720	1410	970
Nilai PWM	1660	1150	1420	1720	1200	1280
	1660	1150	1320	1720	1200	1280
	1810	1150	1320	1620	1200	1280
	1610	940	1010	1500	1210	1260

Motor servo	1660	1150	1320	1700	1200	1380
setelah koreksi (µs)	1760	1150	1300	1570	1210	1270
	1810	1150	1320	1720	1410	970
	1660	1150	1420	1720	1200	1280

Sebelum melakukan pengujian ulang, terlebih dahulu mengoreksi setiap motor servo yang ada pada kaki robot. Pada Tabel.6 dapat dilihat perubahan nilai lebar pulsa pada servo 16 dan servo 0. Lebar pulsa pada servo 16 dan servo 0 dikurangi bertujuan untuk mengurangi sudut kemiringan saat kedua kaki robot melangkah maju dan setelah diuji kembali robot dapat bergerak maju dengan jalan santai dan tidak jatuh sampai pada jarak 100 cm.

Pada pengujian robot gerak maju dengan jalan santai, robot mampu bergerak maju dan tidak jatuh sampai pada jarak 100 cm dengan waktu tempuh yang berbeda-beda (lihat Tabel.5). Koreksi pada motor servo perlu dilakukan supaya terlihat perbandingan gerak kedua kaki robot sebelum dan sesudah dilakukan koreksi. Hasil koreksi juga perlu diuji kembali supaya dapat terlihat pergerakan robot apakah sudah bagus atau belum.

E. Gerakan Maju Jalan Cepat (Kecepatan 3)

Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengamati pergerakan kaki robot saat bergerak maju dengan jalan cepat pada lintasan lurus berjarak 100 cm dan waktu tempuh yang akan dibutuhkan untuk mencapai jarak 100 cm. Cara pengujian dilakukan dengan mengatur nilai lebar pulsa setiap motor servo pada kaki robot supaya robot dapat bergerak maju dan diatur waktu pergerakan (*delay*) kedua kaki robot dan kecepatan putar motor servo (*time*).

Tabel.7 Hasil Pengujian Gerak Maju Jalan Cepat Pada lintasan 100 cm

	Delay (ms)	Time (ms)	Jarak Tempuh (cm)	Waktu Tempuh
Maju Jalan Cepat	500	450	100 cm	1 menit 18,1 detik
	450	400	100 cm	1 menit 6,1 detik
	350	300	75 cm (Jatuh)	55,5 detik
	350 (setelah koreksi pada Tabel.8)	300	100 cm	1 menit 2 detik
	300	200	100 cm	59,9 detik
	250	150	50 cm (jatuh)	27,5 detik
	250 (setelah koreksi pada Tabel.9)	150	100 cm	42,2 detik

Pada pengujian ketiga dan kelima, dapat dilihat pengujian robot tidak berhasil (lihat Tabel.4), sehingga perlu dilakukan koreksi terhadap motor servo pada kaki robot. T_{ON} merupakan waktu *High* motor servo saat diberi lebar pulsa. Untuk hasil koreksi dapat dilihat pada Tabel.8 dan Tabel.9.

Tabel.8 Koreksi Motor Servo Pada Kaki Robot Saat Robot Jatuh Pada Pengujian Ketiga

	Kaki Kanan			Kaki Kiri		
	T _{ON} Servo 16 (telapak kaki) µs	T _{ON} Servo 17 (lutut) µs	T _{ON} Servo 18 (pangkak paha) µs	T _{ON} Servo 0 (telapak kaki) µs	T _{ON} Servo 1 (lutut) µs	T _{ON} Servo 2 (pangkak paha) µs
Nilai PWM	1660	1150	1320	1720	1200	1280
Motor Servo Sebelum koreksi (µs)	1810	1150	1320	1620	1200	1280
	1660	940	1010	1520	1210	1260
	1660	1150	1320	1700	1200	1380
	1760	1150	1300	1570	1210	1270
	1810	1150	1320	1720	1410	970
	1660	1150	1420	1720	1200	1280

Nilai PWM	1660	1150	1320	1720	1200	1280
Motor Servo Sebelum koreksi (µs)	1810	1150	1320	1620	1200	1280
	1610	940	1000	1500	1210	1260
	1660	1150	1320	1700	1200	1380
	1760	1150	1300	1570	1210	1270
	1810	1150	1320	1720	1410	960
	1660	1150	1420	1720	1200	1280

Pada pengujian ketiga robot jatuh pada jarak 75 cm sehingga perlu dilakukan koreksi terhadap kedua kaki robot bagian pangkal paha (servo 18 dan servo 2). Pada Tabel.8 dapat dilihat perubahan nilai lebar pulsa terhadap motor servo 18 dan motor servo 2. Nilai lebar pulsa motor servo 18 dan motor servo 2 dikurangi bertujuan untuk mengurangi tinggi langkah kaki kedua kaki robot saat bergerak maju. Perlu diketahui tinggi rendahnya langkah kaki robot berpengaruh pada pergerakan robot saat melangkah maju. Setelah diuji kembali, robot dapat bergerak maju dengan jalan cepat dan tidak jatuh sampai pada jarak 100 cm dengan waktu tempuh 1 menit 2 detik.

Tabel.9 Koreksi Motor Servo Pada Kaki Robot Saat Terjatuh Pada Pengujian Kelima

	Kanan			Kiri		
	T _{ON} Servo 16 (telapak Kaki) µs	T _{ON} Servo 17 (lutut) µs	T _{ON} Servo 18 (pangkak paha) µs	T _{ON} Servo 0 (telapak kaki) µs	T _{ON} Servo 1 (lutut) µs	T _{ON} Servo 2 (pangkak paha) µs
Nilai PWM	1660	1150	1320	1660	1200	1280
Motor Servo Sebelum koreksi (µs)	1810	1150	1320	1620	1200	1280
	1660	940	1010	1520	1210	1260
	1660	1150	1320	1700	1200	1380
	1760	1150	1300	1570	1210	1270
	1810	1150	1320	1720	1410	970
	1660	1150	1420	1720	1200	1280
Nilai PWM	1660	1150	1320	1660	1200	1280
Motor Servo Sebelum koreksi (µs)	1810	1150	1320	1620	1200	1280
	1610	940	1000	1540	1210	1210
	1660	1150	1320	1700	1200	1380
	1760	1150	1300	1570	1210	1270
	1770	1150	1320	1630	1410	970
	1660	1150	1420	1720	1200	1280

Setelah melakukan beberapa kali koreksi pada pengujian kelima, robot dapat bergerak maju dengan jalan santai sampai pada jarak 100 cm dengan waktu tempuh 42,2 detik. Nilai perubahan lebar pulsa motor servo dapat dilihat pada Tabel.9. Perubahan nilai lebar pulsa pada motor servo 16 dan motor servo 0 bertujuan untuk mengurangi sudut kemiringan pada kedua kaki robot saat melangkah maju, sedangkan motor servo 18 dan motor servo 2 dikurangi bertujuan untuk mengurangi tinggi langkah kaki robot saat melangkah maju.

Pada pengujian robot gerak maju dengan jalan cepat dapat disimpulkan bahwa setiap pengujian robot mampu bergerak maju pada lintasan lurus berjarak 100 cm dengan waktu tempuh yang berbeda-beda (lihat Tabel.7). Saat pengujian dilakukan beberapa kali koreksi pada motor servo supaya mendapatkan gerakan robot yang bagus (tidak jatuh).

F. Pengujian Jarak Terjauh Robot Saat Berjalan Maju

Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengamati sejauh mana robot mampu berjalan maju dan waktu tempuh yang dicapai.

Tabel.10 Pengujian Robot Maju Jarak Terjauh

	Delay (ms)	Time (ms)	Jarak Tempuh	Waktu Tempuh
Maju Tejauh	1000	200	1 meter 20 cm	2 menit 20 detik
	500	200	2 meter 30 cm	3 menit 7 detik
	400	200	2 meter 10 cm	2 menit 45 detik
	300	200	50 cm	37 detik

Pada pengujian yang dilakukan sebanyak 5 kali didapatkan hasil seperti pada Tabel.10 dapat dilihat bahwa jarak tempuh robot paling jauh saat bergerak maju mencapai 2 meter 30 cm dengan waktu tempuh 3 menit 7 detik. Pada pengujian, pergerakan jalan robot tidak lurus karena saat melangkah kedua pangkal paha kaki robot kurang terangkat sehingga terjadi gesekan telapak kaki robot dengan lintasan sehingga menyebabkan perubahan pergerakan posisi kedua kaki robot. Kondisi tempat (lintasan) juga berpengaruh pada pergerakan robot. Misalnya permukaan lintasan yang licin menyebabkan kedua kaki robot cepat kehilangan keseimbangan sehingga robot sulit untuk berjalan lurus.

IV. KESIMPULAN

Pada pengujian sensor jarak nilai kesalahan pembacaan sensor sebesar -0,078. Pada perhitungan saat pengujian motor servo ketika diberikan lebar pulsa nilai lebar pulsa sebesar 10,56 μ s terhadap motor servo akan mengalami kenaikan sudut 1°. Pada pengujian gerak maju jalan lambat, robot dapat bergerak maju pada lintasan 100 cm dengan waktu tempuh 2 menit 29,7 detik. Pada pengujian gerak maju jalan santai robot dapat mampu bergerak maju pada lintasan 100 meter dengan waktu tempuh 1 menit 44,2 detik. Pada pengujian gerak maju jalan cepat robot mampu bergerak maju pada lintasan 100 cm dengan waktu tempuh 1 menit 6,1 detik. Pada pengujian robot bergerak maju jarak terjauh, robot

mampu bergerak maju dengan menempuh jarak 2 meter 30 cm dengan waktu tempuh. Pada pengujian, robot tidak bisa berjalan lurus karena saat bergerak maju kedua pangkal paha kaki robot kurang keangkat saat melangkah maju sehingga terjadi gesekan telapak kaki dengan lintasan menyebabkan perubahan terhadap pergerakan posisi robot.

REFERENSI

- [1] Abdullah. 2017. Penggunaan Sensor Keseimbangan Accelerometer dan Sensor Halangan Ultrasonic pada Aplikasi Robot Berkaki Dua. *Jurnal & Penelitian Teknik Informatika*. Vol.1.No.2, April 2017. Sekolah Tinggi Teknik Poliprofesi Medan.
- [2] Adhy Kurnia Triatmaja, dkk. 2016. Pengembangan Media Pembelajaran Robot Bipedal Navigasi Arah Berbasis Graphical User Interface Untuk Mendukung Mata Kuliah Robotika. *E-Journal Universitas Negeri Yogyakarta*. Vol.6 No.6, Oktober 2016: 467-473. Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Universitas Negeri Yogyakarta.
- [3] Akhmad Riko Kurniawan, dkk. 2017. Perancangan Robot Bipedal Dengan Sistem Berjalan Dengan Inverse Kinematic Dengan Sensor MPU6050 Sebagai Indikator Kemiringan. *Transient*. Vol.6.No.1. Maret 2017. Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- [4] Razi Jamil Fariz. 2016. Kendali Keseimbangan Pada Robot Humanoid. *e-Proceeding of Engineering*, Vol.2.No.2. Agustus 2016. Program Studi Teknik Elektro Universitas Telkom.
- [5] Surya Setiawan, dkk. 2015. Penerapan Invers Kinematika Untuk Pergerakan Kaki Robot BIPED. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*. 17 November 2015. Jurusan Sistem Komputer Fakultas Teknik Informasi, Universitas Andalas.
- [6] Wee, T.-C., Astolfi, A., & Ming, X. (2013). The Design and Control of a Bipedal Robot with Sensory Feedback'. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 10 (6), 277.