

PERANCANGAN SISTEM KONTROL ROBOT BIPED DELAPAN SENDI DENGAN SENSOR GS- 12 SEBAGAI SENSOR KESETIMBANGAN DAN SENSOR DMS-80 SEBAGAI PENDETEKSI HALANGAN

Vitro Luthfiakbar Rais¹, Nazori AZ²

1. Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
vitroluthfiakbar@gmail.com
2. Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
nazori.agani@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Pada tugas akhir ini dirancang robot biped delapan sendi dengan sensor GS-12 sebagai sensor kesetimbangan dan sensor DMS-80 sebagai pendeteksi halangan. Robot biped dirancang dengan ukuran 24cm x14cm. Jumlah servo pada robot terdiri dari 8 servo dan masing-masing kaki memiliki 4 derajat kebebasan. Setiap sendi digerakkan dengan 1 motor servo. Sistem elektronik pada robot terdiri dari kontroler CM-530, modul DMS-80 digunakan sebagai sensor jarak antara robot dengan halangan, modul GS-12 digunakan untuk sensor kesetimbangan pada robot, dan rangkaian servo kontroler. Robot biped dirancang agar dapat berjalan maju dengan seimbang dan dapat menghindari halangan yang ada tanpa terjatuh. Prinsip kerja yang digunakan adalah, ketika robot diaktifkan, robot dalam posisi siap sensor GS-12 akan aktif dan Sensor DMS-80 akan mendeteksi halangan di depan, jika tidak ada halangan maka robot akan berjalan maju dan ketika sensor DMS-80 mendeteksi adanya halangan maka robot akan menghindar ke kanan jika nilai pembacaan sensor DMS-80 = 146 atau ke kiri jika nilai pembacaan sensor DMS-80 = 71, dan sensor GS-12 akan menjaga agar robot tidak terjatuh pada setiap gerakan. Dari pengujian keseluruhan dapat disimpulkan, robot biped delapan sendi dengan sensor GS-12 sebagai sensor kesetimbangan dan sensor DMS-80 sebagai pendeteksi halangan. Pada pengujian ini robot dapat berjalan sesuai dengan perintah yang diberikan. Pada pengujian robot dapat diketahui jumlah jatuh robot yaitu, total robot terjatuh 39 kali dari 5 kali pengujian, 3 jenis gerakan dan 28 step gerakan.

Kata kunci: Robot Biped, Robot Biped Pendeteksi Halangan, Kontroler CM-530, Sensor DMS-80, Motor Servo Dynamixel AX-12

ABSTRACT

In this final project a robot biped joint is designed together with the GS-12 sensor as an equilibrium sensor and the DMS-80 sensor as an obstacle detector. Biped robot is designed with a size of 24cm x14cm. The number of servo on the robot consists of 8 servo and each leg has 4 degrees of freedom. Each joint is driven by 1 servo motor. The electronic system in the robot consists of a CM-530 controller, the DMS-80 module is used as a distance sensor between the robot and the obstacle, the GS-12 module is used for the equilibrium sensor in the robot, and the servo controller circuit. Biped robot that is designed to be able to walk perfectly and can release obstacles without falling. The working principle used is, the compilation of activated robots, the robot in the GS-12 sensor ready position will be active and the DMS-80 Sensor will discuss obstacles ahead, if there are no obstacles the robot will move forward and the DMS-80 sensor compilation looks for the presence of obstacles then the robot will avoid to the right if the reading sensor value of DMS-80 = 146 or left if the reading sensor value of DMS-80 = 71, and the GS-12 sensor will read so that the robot does not fall on every movement. From overall testing it can be concluded, the robot biped eight joints with the GS-12 sensor as an equilibrium sensor and the DMS-80 sensor as an obstacle detector. In this test the robot can be run in accordance with the commands given. In testing the robot can be known the number of falling robots, namely, the total robot fell 39 times out of 5 times testing, 3 types of movements and 28 steps of movement.

Keywords: Biped Robot, Biped Robot Obstacle Detector, CM-530 controller, sensors DMS-80, Servo Motor Dynamixel AX-12

I. PENDAHULUAN

Bidang robotika di Indonesia sekarang sangatlah berkembang cepat sehingga banyak diciptakan berbagai macam jenis robot. Salah satunya 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. Robot biped dirancang untuk memahami dan mempelajari gerakan pada kedua kaki robot.

SISTEM KONTROL GERAK ROBOT BIPED[5] menjelaskan tentang robot berkaki dua yang dapat bergerak dengan leluasa dan dapat berjalan layaknya manusia. Struktur robot ini seperti kaki manusia yang memiliki sendi pergelangan kaki, lutut, dan pinggul. Prinsip kerja robot yaitu Mikrokontroler 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. Pada jurnal yang membahas KENDALI KESEIMBANGAN PADA ROBOT HUMANOID BALANCE CONTROL ON HUMANOID ROBOT [2] metode yang digunakan untuk keseimbangan pada robot adalah Fuzzy Logic, dengan feedback berupa sensor keseimbangan accelerometer yang berfungsi untuk mengetahui posisi atau keadaan robot saat berdiri atau berjalan atau melalui komunikasi I2C (Inter-Integrated Circuit) dengan Raspberry Pi 2 yang memiliki keluaran berupa koordinat x,y,z. Setelah pengujian dan analisa dilakukan Fuzzy Logic yang diterapkan bekerja sesuai dengan yang diharapkan, namun masih belum bisa menyeimbangkan robot saat berjalan. Pada jurnal yang berjudul PENERAPAN INVERS KINEMATIKA UNTUK PERGERAKAN KAKI ROBOT BIPED [4] membahas metode invers kinematika pada kaki robot biped supaya dapat berjalan. Pergerakan kaki robot akan ditentukan melalui posisi koordinat sehingga tidak perlu menentukan besaran sudut pada masing-masing servo. Dari hasil pengujian dengan invers kinematika didapatkan error sebesar 2.08% pada saat nilai kaki kanan ke belakang dan yang terbesar 4,44% pada saat kaki kanan ke belakang dan kaki kiri ke belakang. Pada jurnal yang berjudul PERANCANGAN ROBOT BIPEDAL DENGAN SISTEM BERJALAN BERBASIS INVERSE KINEMATIC DENGAN SENSOR MPU 6050 SEBAGAI INDIKATOR KEMIRINGAN[3] menjelaskan tentang sistem Berjalan Berbasis Invers Kinematic Dengan Sensor MP U6050 Sebagai Indikator Kemiringan yang ditulis oleh Akhmad Riko Kurniawan dkk, merancang sebuah robot bipedal memiliki 12 derajat kebebasan (DoF) dengan sensor MPU 6050 sebagai indikator kemiringan. Metode inverse kinematik membantu menemukan nilai sudut yang menggerakkan servo melalui koordinat akhir. Dalam penelitian ini robot biped dapat berjalan maju dengan nilai error 0,4, jalan. Pada jurnal yang berjudul PENGGUNAAN SENSOR KESETIMBANGAN ACCELEROMETER DAN SENSOR HALANGAN ULTRASONIC PADA APLIKASI ROBOT BERKAKI DUA [1] menjelaskan tentang penggunaan sensor kesetimbangan accelerometer dan sensor halangan

ultrasonic pada aplikasi robot berkaki dua telah dilakukan untuk mengintegrasikan sistem kontrol gerak robot berkaki dua. Penelitian dilakukan dengan menganalisa keefisienan dan keakuratan sistem kesetimbangan pergerakan kaki robot dalam bermanuver untuk menghindari halangan yang ada di depannya. Dimana pergerakan kaki robot ini bekerja sesuai pembacaan dari sensor kesetimbangan accelerometer dan sensor halangan ultrasonic. Pada sistem ini, yang paling ditunjukkan yaitu bagaimana keakuratan dan keefisienan sensor kesetimbangan accelerometer dan sensor halangan ultrasonic dalam sistem pergerakan kaki robot yang dapat memposisikan derajat gerakannya untuk berjalan seimbang dan menghindari halangan yang ada didepannya. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem pergerakan kaki robot yang telah diintegrasikan dengan sensor kesetimbangan dan sensor halangan efisien dan efektif dalam melakukan kerjanya sebagai robot berkaki dua yang dapat berjalan/bermanuver seimbang dalam menghindari halangan.

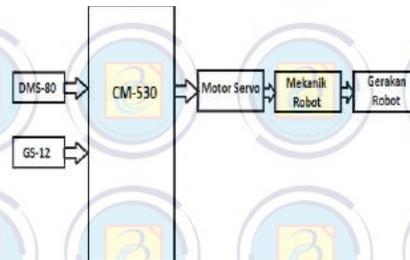
Pada Tugas Akhir ini telah dibuat Perancangan Sistem Kontrol Robot Biped Delapan Sendi Dengan Sensor DMS-80 Sebagai Pendeteksi Halangan. Perancangan mekanik robot menggunakan motor servo Dynamixel AX-12A sebagai aktuator gerak robot serta menggunakan kontroler CM-530 sebagai pengontrol input dan output robot. Robot dapat berjalan dengan seimbang dan dapat menghindari halangan yang ada secara otomatis tanpa adanya error.

II. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem yang digunakan meliputi perangkat keras (hardware), serta perancangan perangkat lunak.

A. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem robot biped 8 sendi yang dibahas dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Robot Biped 8 Sendi

Bagian-bagian perangkat keras robot biped 8 sendi dapat dilihat pada tabel 1.

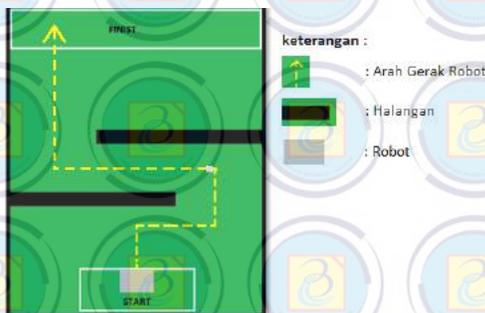
Tabel.1 Fungsi dari bagian-bagian pada sistem kontrol robot biped 8 sendi

No	Nama Bagian	Fungsi	Keterangan
1	Motor Servo	Sebagai aktuator robot agar robot dapat berjalan.	Menggunakan 8 buah motor servo Dynamixel AX-12 A
2	Sensor DMS-80	Sebagai sensor untuk mendeteksi halangan	Menggunakan sensor DMS-80

		terhadap robot.	
3	Sensor GS-12	Sebagai sensor untuk mendeteksi kecepatan sudut robot.	Menggunakan sensor gyroscope GS-12

B. Prinsip Kerja Sistem

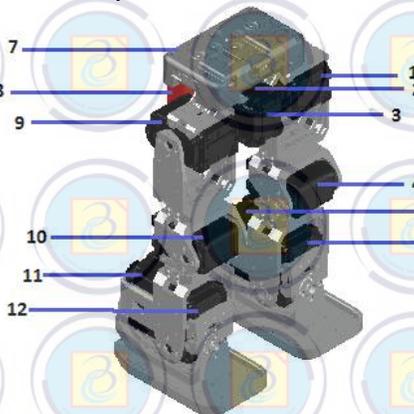
Prinsip kerja Robot Biped ini adalah robot bergerak maju dan mendeteksi halangan, ketika sensor DMS-80 mendeteksi halangan yang sudah ditentukan maka robot akan bergerak menghindari kemudian sensor DMS-80 akan mendeteksi halangan dan jika tidak ada halangan robot akan berjalan kedepan, dan sensor GS-12 berfungsi sebagai sensor penyeimbang robot saat bergerak.



Gambar.2 Prinsip Kerja Menghindari Halangan Pada Robot

C. Perancangan Mekanik

Rancangan sistem mekanik robot dilakukan dengan membuat robot biped dengan menggunakan 8 buah motor servo yang digunakan untuk menggerakkan robot. Perancangan mekanik robot bisa dilihat pada Gambar 3 :



Gambar 3. Bagian-bagian Robot Biped

Penjelasan bagian-bagian robot biped dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2 bagian-bagian dan fungsi pada robot

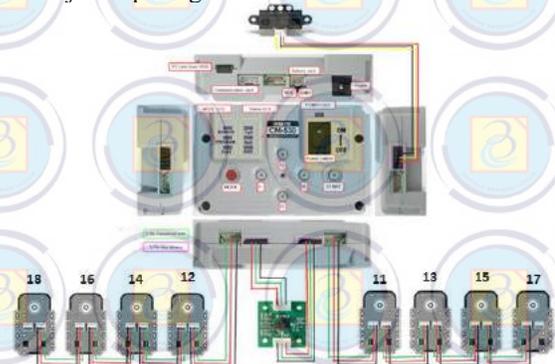
No	Nama	Keterangan
1	Servo Dynamixel AX-12 ID : 2	Menggerakkan paha kiri robot
2	Sensor GS-12	Mendeteksi halangan pada robot
3	Sensor DMS-80	Mendeteksi kemiringan robot
4	Servo Dynamixel AX-12 ID : 4	Menggerakkan lutut kiri robot
5	Servo Dynamixel AX-12 ID : 6	Menggerakkan pergelangan kaki kiri robot
6	Servo Dynamixel AX-12 ID : 8	Menggerakkan telapak kiri robot
7	Kontroler CM-530	Kontroler penggerak robot
8	Battre lippo 11.1V	Sumber catu daya robot
9	Servo Dynamixel AX-12 ID : 1	Menggerakkan paha kanan robot
10	Servo Dynamixel AX-12 ID : 3	Menggerakkan lutut kanan robot
11	Servo Dynamixel AX-12 ID : 5	Menggerakkan pergelangan kaki kanan robot
12	Servo Dynamixel AX-12 ID : 7	Menggerakkan telapak kanan robot

D. Perancangan Elektronik

Pada rancangan elektronik yang akan digunakan pada robot biped terdiri dari :

1. Kontroler CM-530
2. Sensor DMS-80
3. Sensor GS-12
4. Motor Servo Dynamixel AX-12

Blok rangkaian sistem keseluruhan ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian sistem secara keseluruhan

Keterangan pin I/O :

1. VCC =
2. GND =
3. DATA =
4. ADC =



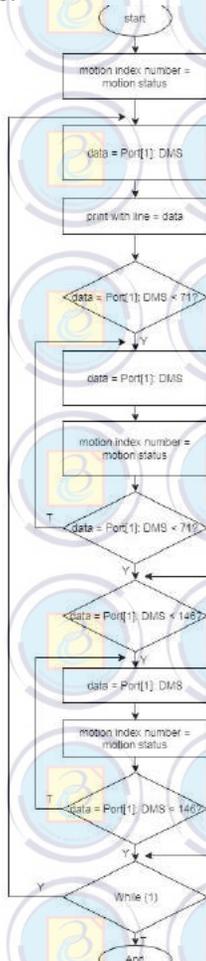
Keterangan sistem keseluruhan ditunjukkan pada tabel 3

Tabel 3 Keterangan Sistem Keseluruhan

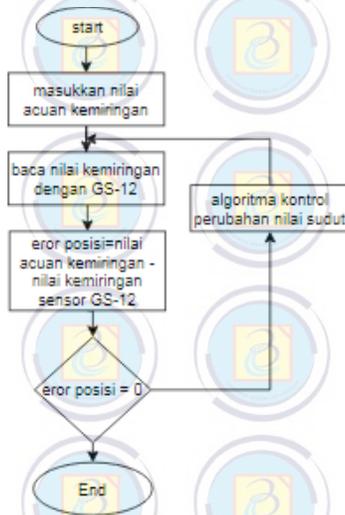
No	Nama	Keterangan
1	Servo paha kanan	ID = 12
2	Servo paha kiri	ID = 11
3	Servo lutut kanan	ID = 14
4	Servo lutut kiri	ID = 13
5	Servo pergelangan kaki roll kanan	ID = 15
6	Servo pergelangan kaki roll kiri	ID = 16
7	Servo pergelangan kaki pitch kiri	ID = 17
8	Servo pergelangan kaki pitch kanan	ID = 18
9	Sensor GS-12	Sensor kesetimbangan
10	Sensor DMS-80	Sensor jarak
11	Kontroler CM-530	Kontroler penggerak robot

E. Diagram Alir Sistem Robot

Diagram alir sistem dari perancangan robot biped ini ditunjukkan pada Gambar 5. dan Gambar 6.



Gambar 5. diagram alir sistem keseluruhan

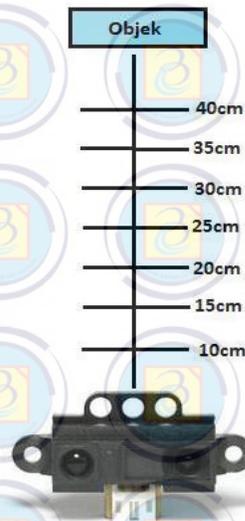


Gambar 6. Sub program koreksi kemiringan

IV. PENGUJIAN SISTEM

A. Pengujian Sensor DMS-80

Pengujian sensor DMS-80 dilakukan untuk mengetahui nilai pembacaan jarak sensor dengan menggunakan alat ukur. Pengujian dilakukan dengan meletakkan halangan (objek) didepan sensor DMS-80 dengan jarak awal 10cm dan memindahkan sensor DMS-80 pada jarak 15cm, 20cm, 25cm, 30cm, 35cm, dan 40cm. Hasil pengujian ditampilkan melalui aplikasi Roboplus Manager.



Gambar 7. Pengujian Sensor DMS-80

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor DMS-80

Jarak	Nilai pembacaan sensor DMS-80
0cm	255
10cm	211
15cm	146
20cm	71
25cm	39
30cm	25
35cm	17
40cm	14

Berdasarkan Tabel 3. maka diketahui nilai pembacaan sensor ketika jarak berubah. Nilai ini akan menjadi acuan ketika robot mendeteksi pada nilai pembacaan sensor 71-255 yaitu pada jarak 20cm-0cm, maka robot akan mendeteksi adanya halangan.

Maka dapat disimpulkan, nilai pembacaan sensor untuk mendeteksi halangan pada jarak 20cm-0cm adalah 71-255.

B. Pengujian Sensor GS-12

Pengujian sensor GS-12 dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kecepatan sudut robot yang terdeteksi dengan data keluaran sensor GS-12. Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah sensor GS-12, kontroler CM-530, dan software RoboPlus Manager yang dioperasikan pada laptop.

Sensor GS-12 dapat mendeteksi kecepatan sudut pada sumbu X dan sumbu Y. Pada tugas akhir ini sumbu X digunakan untuk mengukur keseimbangan maju/mundur, sedangkan sumbu Y digunakan untuk mengukur keseimbangan kanan/kiri. Tegangan keluaran dari sensor GS-12 pada sumbu X akan dibaca oleh mikrokontroler CM-530 melalui PORT[3], sedangkan pada sumbu Y melalui PORT[4].



Gambar 8. pengujian sensor GS-12
 Pengujian dilakukan dengan menyambungkan sumbu X pada sensor ke port 3 kontroler dan sumbu Y ke port 4 kontroler, kemudian memiringkan letak sensor berdasarkan besar sudut dan kecepatan *sampling* yang di ambil

dan kemudian melihat nilai keluarannya pada software RoboPlus Manager.

Tabel 4 Setpoint kecepatan sudut sumbu X dan Y sensor GS-12

No	Waktu	Sudut	Sumbu X	Sumbu Y
1	0,3	-90	287	285
		-75	268	269
		-60	275	273
		-45	280	281
		-30	285	287
		-15	296	299
		0	308	308
		15	322	320
		30	332	331
		45	334	338
		60	341	343
		75	345	348
2	0,4	90	358	257
		-90	256	253
		-75	261	263
		-60	267	269
		-45	271	274
		-30	296	280
		-15	302	294
		0	308	309
		15	312	313
		30	327	324
		45	345	344
		60	349	350
75	355	356		
90	362	363		
3	0,5	-90	258	256
		-75	268	266
		-60	274	272
		-45	280	281
		-30	289	288
		-15	298	298
		0	308	308
		15	310	311
		30	318	319
		45	326	326
		60	332	330
		75	341	342
90	357	355		

Saat sensor GS-12 dalam keadaan diam, sensor GS-12 mengeluarkan nilai yang dalam tugas akhir ini disebut setpoint sensor GS-12. Nilai setpoint dari sensor GS-12 dibagi menjadi dua, yaitu nilai setpoint untuk sumbu X dan sumbu Y. Nilai setpoint sensor GS-12 dapat dilihat pada software RoboPlus Manager, yaitu 308 untuk sumbu X dan sumbu Y.

Tabel 5 nilai keluaran pada sensor GS-12 bila robot jatuh serong

No	Waktu	Sudut	Sumbu X	Sumbu Y
1	0,3	-90	267	266
		-75	271	272
		-60	277	275
		-45	280	279
		-30	284	286
		-15	289	290
		0	308	308
		15	319	317
		30	322	321

2	0,4	45	324	327
		60	332	331
		75	337	339
		90	345	348
		-90	260	260
		-75	268	267
		-60	273	272
		-45	278	279
		-30	281	282
		-15	285	286
		0	308	308
		15	315	315
		30	325	325
		45	333	335
3	0,5	60	339	340
		75	347	347
		90	353	354
		-90	255	256
		-75	262	260
		-60	267	269
		-45	272	272
		-30	278	278
		-15	383	284
		0	308	308
15	318	317		
30	326	327		
45	337	337		
60	342	343		
75	350	352		
90	359	361		

Pada pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa nilai keluaran yang dihasilkan sensor GS-12 berbeda-beda tergantung pada kecepatan sudut jatuhnya. Pada pengujian jatuh sumbu X dan sumbu Y pada posisi sudut $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ semakin lambat kecepatan jatuh maka semakin besar nilai keluaran sensor GS-12 dari *setpoint*, dan pada nilai $0^{\circ} \sim -90^{\circ}$ pada sumbu X dan sumbu Y nilai keluaran dari sensor GS-12 lebih kecil dari nilai *setpoint* tergantung dari kecepatan sudut, semakin lambat kecepatan sudutnya maka semakin kecil nilai keluaran sensor.

a. Fungsi Sensor GS-12 Sebagai Sensor Kesetimbangan Robot

Sensor GS-12 berfungsi untuk membaca kecepatan sudut robot pada saat terjatuh, kemudian hasil dari pembacaan ini akan dikirimkan ke kontroler CM-530 dan akan diolah untuk menggerakkan motor servo agar robot tidak terjatuh. Sistem kerja sensor GS-12 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Baca sumbu X dan sumbu Y sensor GS-12.
2. Mencari nilai eror sumbu X dan sumbu Y dengan cara.

$$\begin{aligned} \text{NilaiErrorSumbuX} &= \text{DataSumbuX} \\ &- \text{SetpointSumbuX} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NilaiErrorSumbuY} &= \text{DataSumbuY} \\ &- \text{SetpointSumbuY} \end{aligned}$$

3. Kemudian menskalakan nilai eror pada setiap sumbu.

$$\begin{aligned} \text{NilaiErrorSumbuXScaled} &= \text{NilaiErrorSumbuX} \times 6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NilaiErrorSumbuYScaled} &= \text{NilaiErrorSumbuY} \times 6 \end{aligned}$$

4. Menghitung nilai perubahan sudut motor sesuai pembacaan sumbu pada sensor GS-12. Besar sudut servo lutut dan Besar sudut servo pergelangan kaki digunakan untuk menyesuaikan kemiringan kedepan dan ke belakang pada sumbu X, sedangkan Besar sudut servo telapak kaki, digunakan untuk mengoreksi kemiringan ke kiri dan ke kanan pada sumbu Y.

$$\begin{aligned} \text{besar sudut servo lutut} &= \text{NilaiErrorSumbuXScaled} \div 54 \\ \text{besar sudut servo pergelangan kaki} &= \text{NilaiErrorSumbuXScaled} \div 18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{besar sudut servo telapak kaki} &= \text{NilaiErrorSumbuYScaled} \div 20 \end{aligned}$$

5. Kemudian pada pengaturan motor servo untuk menjaga kesetimbangan agar tidak terjatuh dengan mengatur motor servo dengan ID:3~ID:6 untuk menyesuaikan kemiringan kedepan dan ke belakang, dan ID:7 dan ID:8 digunakan untuk menyesuaikan kemiringan kekanan dan ke kiri agar robot tidak terjatuh, dengan perhitungan dibawah ini.

$$\begin{aligned} \text{ID: 3} &= 0 + \text{besar sudut servo lutut} \\ \text{ID: 5} &= 0 + \text{besar sudut servo pergelangan} \\ \text{ID: 4} &= 0 - \text{besar sudut servo lutut} \\ \text{ID: 6} &= 0 - \text{besar sudut servo pergelangan} \\ \text{ID: 7} &= 0 - \text{besar sudut servo telapak kaki} \\ \text{ID: 8} &= 0 - \text{besar sudut servo telapak kaki} \end{aligned}$$

C. Pengujian Motor Servo Dynamixel AX-12A

Pengujian motor servo ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara lebar pulsa PWM yang diberikan kepada sudut putar motor servo. Peralatan yang akan digunakan pada pengujian ini adalah motor servo Dynamixel AX-12A, kontroler CM-530, dan software roboplus manager.



Pengujian motor servo tanpa beban ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik motor servo, yaitu besarnya perubahan sudut pada pada motor servo yang dihasilkan untuk setiap perubahan data inputan yang diberikan. Pengujian dilakukan dengan cara berikut:

1. Menghubungkan motor servo Dynamixel AX-12A pada kontroler CM-530
2. Sambungkan kontroler CM-530 pada software roboplus manager
3. Membuka software roboplus manager
4. Klik actuator motor servo AX-12A pada software roboplus manager
5. Klik goal position pada software roboplus manager
6. Mengatur data motor dari 0 sampai 1023

- Mencatat sudut motor servo yang terdapat pada software roboplus manager

Hasil pengujian motor servo tanpa beban dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6 hasil pengujian motor servo tanpa beban

Data	Sudut
0	0 ⁰
171	50 ⁰
341	100 ⁰
512	150 ⁰
682	200 ⁰
853	250 ⁰
1023	300 ⁰

Dari Tabel 4.5 diperoleh karakteristik/fungsi alih dari motor servo adalah:

$$\frac{\Delta \text{sudut}}{\text{sudut}} = \frac{\Delta \text{data}}{\text{data}} \rightarrow \frac{\text{sudut}}{300} = \frac{\text{data}}{1023}$$

$$\frac{\text{sudut}}{\text{data}} = \frac{300}{1023} \rightarrow \frac{\text{sudut}}{\text{data}} = 0,293 \text{ derajat}$$

Artinya setiap perubahan input data pwm sebesar 1 (integer) menghasilkan perubahan sudut motor servo sebesar 0,293 derajat.

Misal jika servo diberi data 512. Maka sudut yang diperoleh adalah:

$$\text{Sudut} = 0,293 \times 512 = 150,016 \text{ derajat}$$

Perbandingan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan pada motor servo ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 perbandingan antara hasil pengukuran dan hasil pengujian

Data hasil pengujian	Data hasil perhitungan	Sudut
0	0	0 ⁰
171	170,5	50 ⁰
341	341	100 ⁰
512	511,5	150 ⁰
682	682	200 ⁰
853	852,5	250 ⁰
1023	1023	300 ⁰

Dari pengujian motor servo didapatkan bahwa motor servo dapat digerakkan dengan *value* yang dapat diubah-ubah sesuai derajat yang diinginkan.

D. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian ini bertujuan untuk mengamati setiap pergerakan robot saat bergerak maju, dan menghindari halangan. Dalam pengujian ini dilakukan dengan cara menggerakkan robot dan memberinya halangan apakah sudah sesuai yang diinginkan.

Pengujian dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Menghubungkan semua motor servo Dynamixel AX-12A yang digunakan pada robot ke kontroler CM-530.

- Menghubungkan sensor DMS-80 ke kontroler CM-530.

- Menghubungkan sensor GS-12 ke kontroler CM-530.
- Menghubungkan kontroler CM-530 ke komputer.
- Menjalankan software RoboPlus Motion di komputer.
- Menjalankan salah satu gerakan.
- Melihat nilai perubahan servo ID 11,12,13,14,15,16,17,18.
- Mencatat nilai perubahan servo ID 11,12,13,14,15,16,17,18.

1. Gerakan Maju

Dalam pengujian ini akan dilakukan pengamatan pergerakan kaki robot saat melangkah maju.

Langkah pengujian gerakan maju :

- Pengujian kedua kaki robot pada saat *standby* (berdiri tegak).
- Pengujian kaki kiri robot saat melangkah maju.
- Pengujian kaki kanan robot saat melangkah maju.

berikut merupakan hasil pengujian pada setiap gerakan maju pada kedua kaki robot :



Gambar 9. Posisi Robot Gerakan Maju

Tabel 8 Hasil pengujian robot berjalan maju

Nama Gerakan	Percobaan Ke-	Keterangan
Gerakan Berjalan Maju	1	1
	2	4
	3	2
	4	2
	5	4

Pada hasil pengujian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa setiap *step* gerakan memiliki nilai yang berbeda-beda, namun nilai tersebut memiliki selisih yang cukup kecil jadi tidak terlalu berpengaruh pada pergerakan robot. Tetapi pada beberapa *step* percobaan terjadi kegagalan dikarenakan motor servo lemas karena

sudah panas dan terjadinya eror pada motor servo.

2. Gerakan Menghindar Kekanan

Dalam pengujian ini akan dilakukan pengamatan pergerakan kaki robot saat bergeser ke kanan.

Langkah pengujian gerakan menghindar kekanan :

1. Pengujian kedua kaki robot saat berhenti, ketika membaca adanya halangan.
2. Pengujian kaki kanan robot saat menghindar ke kanan.
3. Pengujian kaki kiri robot saat menghindar ke kanan.

berikut merupakan hasil pengujian pada setiap gerakan maju pada kedua kaki robot :



Gambar 10. Posisi Robot Saat Menghindar Kekanan

Tabel 9 Hasil pengujian robot menghindar kekanan

Nama Gerakan	Percobaan Ke-	Keterangan
Gerakan Berjalan Maju	1	2
	2	3
	3	4
	4	3
	5	3

Dapat diketahui dari hasil pengujian yang dilakukan pada gerakan menghindar kekanan, bahwa setiap *step* gerakan memiliki nilai yang berbeda-beda, namun nilai tersebut memiliki selisih yang tidak terlalu besar sehingga tidak terlalu berpengaruh pada pergerakan robot. Tetapi pada beberapa percobaan pada setiap *step* terjadi kegagalan dikarenakan motor servo lemas karena sudah panas dan terjadinya eror pada pembacaan sensor GS-12 sehingga pada motor servo tiba-tiba bergerak pada kecepatan yang tinggi sehingga membuat robot terjatuh.

3. Gerakan Menghindar Kekiri

Dalam pengujian ini akan dilakukan

pengamatan pergerakan kaki robot saat melangkah ke kiri.

Langkah pengujian gerakan menghindar kekiri :

1. Pengujian kedua kaki robot saat berhenti, ketika sensor DMS-80 membaca adanya halangan.
2. Pengujian kaki kiri robot saat bergeser ke kiri.
3. Pengujian kaki kanan robot saat bergeser ke kiri.

Berikut merupakan hasil pengujian pada setiap gerakan maju pada kedua kaki robot :



Gambar 11. Posisi Robot Saat Menghindar Kekiri

Tabel 10 Hasil pengujian robot menghindar kekiri

Nama Gerakan	Percobaan Ke-	Keterangan
Gerakan Berjalan Maju	1	0
	2	2
	3	4
	4	1
	5	4

Pada hasil pengujian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa setiap *step* gerakan memiliki nilai yang berbeda-beda, namun nilai tersebut memiliki selisih yang tidak terlalu besar sehingga tidak terlalu berpengaruh pada pergerakan robot. Tetapi pada beberapa percobaan terjadi kegagalan dikarenakan motor servo lemas karena sudah panas dan terjadinya eror pada motor servo yang mengakibatkan motor servo seperti kekurangan tegangan dan hampir mati.

Hasil pengujian gerak robot untuk mengetahui tingkat keberhasilan robot biped ditunjukkan pada tabel 11

Tabel 11. Tingkat Keberhasilan Gerak Robot Biped

Percobaan Ke	Robot Maju	Robot Menghindar Kekanan	Robot Menghindar Kekiri	Total

1	1	2	0	3
2	4	3	2	9
3	2	4	4	10
4	2	3	1	6
5	4	3	4	11
Total	13	14	11	39

4. Pengaruh Sensor DMS-80 Dalam Pembacaan Halangan Dan Pergerakan robot

Pada pengujian sebelumnya nilai-nilai yang dihasilkan sensor DMS-80 dapat dilihat pada tabel 12. pada pengujian ini sensor DMS-80 berfungsi sebagai sensor pendeteksi halangan yang menjadi acuan robot dalam menghindari halangan.

Tabel 12. Hasil Pengujian Sensor Pada Saat robot bergerak

No	Menghindar Kanan 1	Menghindar Kiri 1	Menghindar Kiri 2	Menghindar Kanan 2	keterangan
1	71	39	146	104	Berhasil
2	71	39	146	104	Berhasil
3	71	39	146	104	Berhasil
4	71	39	146	104	Berhasil

Pada tabel 12 dapat disimpulkan sensor DMS-80 dapat bekerja dengan baik pada proses pembacaan halangan dan robot dapat menghindari halangan.

Dari pengujian keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa robot biped dapat melakukan gerak yang terdiri dari gerakan maju, gerakan menghindar kekanan, dan gerakan menghindar ke kiri. Dengan total dari 5 kali pengujian adalah 39 kali robot terjatuh. Dan sensor DMS-80 dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi halangan.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian sensor DMS-80, sensor dapat bekerja dengan baik untuk mendeteksi jarak 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm, 35cm, dan 40cm adalah 211, 146, 71, 39, 25, 17, 14.
2. Pada pengujian sensor GS-12, sensor GS-12 dapat bekerja dengan baik, karena dapat mengetahui kecepatan sudut pada sumbu X dan sumbu Y dengan kecepatan sudut yang berbeda.
3. Pada pengujian motor servo tanpa beban, motor servo bekerja dengan cukup baik, dilihat dari nilai hasil pengukuran dan nilai hasil pengujian pada tabel 4.6.
4. Pada pengujian motor servo Dynamixel AX-12A, motor servo diuji kelayakan dan ketepatan sudut motor. Pengujian ini membuktikan bahwa motor servo yang digunakan layak untuk digunakan.

5. Robot berhasil menghindari halangan pertama pada jarak 15cm dengan cara menghindar ke kanan lalu bergerak maju.
6. Robot berhasil menghindari halangan pada jarak 20cm dengan cara menghindar ke kiri lalu bergerak maju.
7. Robot berhasil menghindari halangan pada jarak 20cm dengan cara menghindar ke kiri lalu bergerak maju.
8. Robot berhasil menghindari halangan terakhir pada jarak 15cm dengan cara menghindar ke kanan lalu bergerak maju hingga *finist*.
9. Dari pengujian keseluruhan dapat disimpulkan, robot biped delapan sendi dengan sensor GS-12 sebagai sensor kesetimbangan dan sensor DMS-80 sebagai pendeteksi halangan. Robot dapat berjalan dengan baik sesuai dengan perintah yang diberikan.

Daftar Pustaka

- [1] Abdullah (2017) 'Penggunaan Sensor Kesetimbangan Accelerometer dan Sensor Halangan Ultrasonic pada Aplikasi Robot Berkaki Dua', *Penelitian Teknik Informatika*, 1(April 2017), pp. 17-22.
- [2] Fariz, R. J. (2016) 'KENDALI KESEIMBANGAN PADA ROBOT HUMANOID BALANCE CONTROL ON HUMANOID ROBOT', *e-Proceeding of Engineering*, 3(2), pp. 1421-1428.
- [3] Kurniawan, A. R. and Triwiyatno, A. (2017) 'PERANCANGAN ROBOT BIPEDAL DENGAN SISTEM BERJALAN BERBASIS INVERSE KINEMATIC DENGAN SENSOR MPU 6050 SEBAGAI INDIKATOR KEMIRINGAN', 6.
- [4] Setiawan, S. *et al.* (2015) 'PENERAPAN INVERS KINEMATIKA UNTUK PERGERAKAN KAKI ROBOT BIPED', *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015*, (November), pp. 1-9.
- [5] Surbakti, D. and Sujono (2018) 'Sistem Kontrol Gerak Robot Biped'.