

Implementasi Load Cell pada Robot Humanoid Terhadap Parameter Jalan Robot

Abizar Ilyasaa¹, Totok Winarno², Indrazno Siradjudin³

e-mail: abizarilyasa@gmail.com, totok.winarno@polinema.ac.id, indrazno@polinema.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 13 Juli 2023

Direvisi 11 September 2023

Diterbitkan 30 September 2023

Kata kunci:

Kontrol PID

Load Cell

Robot Humanoid

ABSTRAK

Ilmu pengetahuan dan teknologi yang digunakan untuk mengembangkan ide yaitu dari ilmu elektronika khususnya bidang ilmu robotika. Jenis robot berdasarkan alat geraknya dibagi menjadi dua, yaitu robot berkaki (humanoid) dan beroda. Akan tetapi, ada satu masalah mengenai perancangan robot berkaki (humanoid) pada saat berjalan yaitu bagaimana cara menentukan kesesimbangan pada robot agar robot tetap seimbang pada saat robot berjalan. Dengan adanya sensor Load Cell diharapkan robot dapat mengetahui tekanan pada kaki robot. Jika robot dapat mengetahui tekanan pada kaki robot maka robot dapat berjalan dengan seimbang dengan cara mengatur Pitch pada parameter jalan robot. Nilai pada pembacaan tekanan pada Load Cell akan dijadikan masukan pada proses error kontrol PID. Hasil koreksi dari kontroller PID akan diteruskan menuju keluaran *Pitch* parameter jalan robot humanoid sehingga diharapkan akan menghasilkan nilai yang semakin akurat. Hasil pada penelitian ini bahwa robot hanya bisa berdiri pada kondisi sudut miring atau tidak rata pada kondisi 0° sampai 25° dan robot mampu mengontrol pitch sehingga meminimalisir terjadinya robot terjatuh, dengan kondisi maksimal pada 30° robot akan mengalami kondisi terjatuh dan pitch tidak mampu mengontrol.

ABSTRACT

The science and technology used to develop ideas come from the field of electronics, specifically the field of robotics. Robots are categorized into two types based on their means of movement: humanoid (walking) robots and wheeled robots. However, there is one problem concerning the design of humanoid robots when they walk, which is how to determine the balance of the robot to keep it stable while walking. By using Load Cell sensors, it is hoped that the robot can detect the pressure on its legs. If the robot can determine the pressure on its legs, it can walk in a balanced manner by adjusting the Pitch parameters of the robot's walking. The pressure readings from the Load Cell will be used as input in the PID error control process. The correction results from the PID controller will be applied to the output of the Pitch parameters of the humanoid robot's walking, with the expectation of achieving increasingly accurate values. The test results in this study that the robot can only stand at an oblique or uneven angle in conditions of 0° to 25° and the robot is able to control the pitch so as to minimise the occurrence of the robot falling, with the maximum condition at 30° the robot will experience the condition of falling and the pitch is not able to control.

Keywords:

PID Control

Load Cell

Humanoid Robot

Penulis Korespondensi:

Abizar Ilyasaa

Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno Hatta No. 9 Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65141.

Email: abizarilyasa@gmail.com

Nomor HP/WA aktif: +6287 881 111 545



1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi saat ini khususnya pada bidang robotika, penelitian dalam bidang robotika menjadi daya tarik tersendiri bagi para peneliti[1]. Tidak akan menutup kemungkinan bahwa semua kegiatan nantinya akan digantikan oleh semua robot baik itu dalam kegiatan industri, rumah tangga ataupun dalam hiburan. Salah satu yang mendapatkan perhatian adalah robot manusia atau biasa dikenal dengan sebutan humanoid[2].

Di Indonesia, ilmu robotika telah berkembang yang ditandai dengan adanya KRI atau Kontes Robot Indonesia[3]. Kontes Robot Indonesia merupakan ajang kompetisi rancang bangun dan rekayasa dalam bidang robotika yang diselenggarakan oleh Direktorat Kemahasiswaan, Direktorat Jendral Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia. Saat ini, KRI memiliki 6 divisi kompetisi robot dimana masing-masing robot memiliki tujuan, peraturan dan keunikan masing-masing. Dalam KRI atau Kontes Robot Indonesia jenis robot humanoid yang dikembangkan adalah ukuran kecil yang dipergunakan sebagai robot sepak bola (KRSBI) dan robot seni tari (KRSTI)[4].

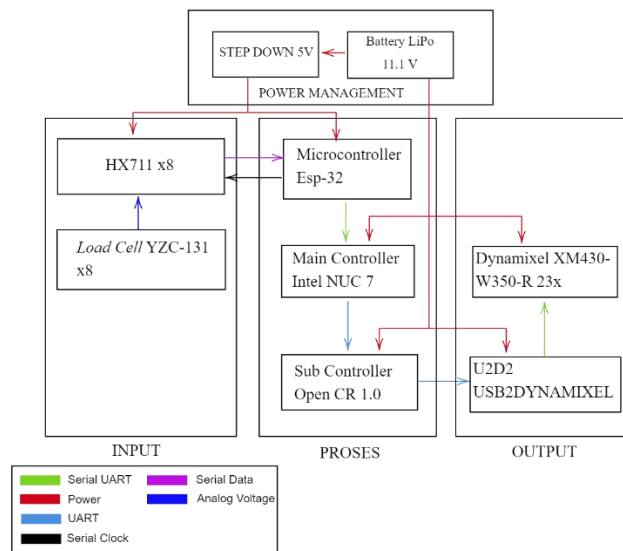
Robot humanoid memiliki kemampuan yang memiliki kemiripan mendekati manusia, seperti bergerak layaknya manusia[5]. Keseimbangan pada robot humanoid adalah komponen penting untuk robot dapat berjalan dengan seimbang layaknya manusia. Keseimbangan pada robot humanoid seringkali robot terjatuh dikarenakan ketidakseimbangan pada kaki robot[6]. Penggunaan *LOAD CELL* pada kaki robot dapat mengetahui 4 titik tekanan pada kaki robot, yaitu bagian depan, bawah, kiri, dan kanan. Keempat titik pada kaki robot tersebut dijadikan masukan dalam proses untuk melakukan pengaturan parameter jalan pitch robot.

Parameter jalan robot memiliki 3 nilai utama yaitu roll, pitch, dan yaw[7]. Nilai yang diatur dari keseimbangan adalah Pitch dalam parameter jalan robot[8]. Pitch merupakan nilai dengan satuan radian yang digunakan robot untuk melakukan keseimbangan robot pada saat berjalan. Dalam sistem pengaturan Pitch, nilai hasil pembacaan sensor Load Cell yang diproses oleh kontrol PID lalu nilai keluaran dari kontrol PID akan dijadikan kontrol untuk nilai Pitch pada parameter jalan. Perlu dilakukan kontrol seperti kontroler PID agar hasilnya dapat lebih stabil[9]. Agar mendapatkan pergerakan yang stabil lurus, diperlukan sebuah kontrol. Sementara kontrol yang sangat efisien bagi sistem robot ini adalah kontrol PID[10].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem adalah sebuah diagram yang menjelaskan alur setiap komponen yang berperan sebagai input, proses, dan juga output.



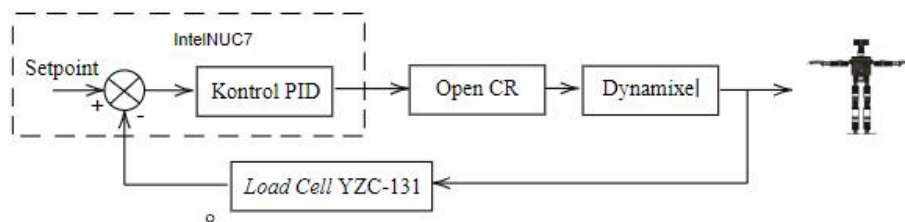
Gambar 1 : Blok Diagram Sistem



Pada diagram blok gambar 1 di kolom input terdapat 8 buah sensor *Load Cell* dimana Sensor digunakan untuk mendapatkan data keluaran dalam loadcell saat mendapatkan tekanan berupa nilai resistansi yang kemudian di olah menjadi nilai berat dengan satuan gram dan dibutuhkan ic HX711 sebagai penguat untuk mengolah data keluaran tersebut. yang selanjutnya pada kolom proses terdapat 3 proses, yang pertama yaitu Microcontroller Esp-32 digunakan untuk memproses data dari *Load Cell* kemudian komunikasi yang digunakan adalah komunikasi serial dengan skema ROS. Selanjutnya Intel NUC 7 digunakan untuk semua input dan output. Pada Intel NUC7 dilakukan perhitungan dan program untuk melakukan sistem pengaturan keseimbangan jalan. Komunikasi antar program antara Intel NUC7 ke aktuator Dynamixel memerlukan perantara USB2Dynamixel. Komunikasi ROS serial digunakan pada Mapple mini ke Intel NUC7 untuk mendapatkan nilai tekanan pada kaki robot. Kemudian yang terakhir pada kolom proses yaitu OpenCR 1.0 digunakan sebagai sub controller yang membantu kinerja Main Controller Intel NUC7. Fungsi Open CR disini untuk mengatur parameter jalan Robot. OpenCR 1.0 terintegrasi dengan ROS untuk komunikasi dengan Intel NUC7. Kemudian terdapat 2 *output* yaitu USB2Dynamixel dan Dynamixel XM430-W350-R digunakan untuk mengkonversi antar muka dari usb to serial. Perintah yang dikirimkan oleh Intel NUC7 dikonversikan dulu ke serial agar dapat diterima oleh Dynamixel sebagai output aktuator untuk seluruh tubuh robot. Terdapat 23 dynamixel yang digunakan 24 untuk menggerakkan seluruh tubuh yang disebut dengan DOF. Komunikasi yang digunakan pada aktuator ini adalah RS485.

2.2. Diagram Blok Kontrol

Setpoint pada diagram blok kontrol dibandingkan dengan nilai summing point untuk mendapatkan nilai error selanjutnya nilai error dikontrol pada Kontrol PID. Kontroler PID Pada Gambar 2 digunakan untuk mempercepat respon pada keseimbangan robot agar robot selalu dalam keadaan seimbang pada setiap segmen perjalanannya.



Gambar 2 : Diagram Blok Kontrol

Jalur perjalanan robot yang akan digunakan dalam pengujian yaitu robot berjalan lurus . Robot dirancang menggunakan umpan balik massa atau berat yang dibaca dari sensor *Load Cell* YZC-131. Sensor ini dirancang pada kaki robot sebanyak 8 buah sensor dimana masing-masing sensor berfungsi untuk membaca tekanan pada robot. Sensor dibagi pada beberapa bagian yaitu Depan dan Belakang. Load Cell membaca bagian depan dan belakang sehingga didapat nilai error depan yaitu hasil operasi Depan – Belakang. Selanjutnya apabila nilai absolut error depan belakang melebihi dari batas didapatkan nilai pitch yang mana error depan dan belakang dan error kiri dan kanan tersebut nilai errornya diproses oleh PID output PID berupa pitch yang siap dikirim ke OpenCR. Namun sebelum dikirim nilainya dibatasi -4 sampai 22 karena merupakan batas minimal dan maksimal pitch pada robot.

Pada perancangan kontroler PID sistem parameter jalan robot untuk mengatur Pitch untuk mengetahui masing - masing konstanta Kp, Ki, dan Kd dilakukan metode *trial and error* yang berdasarkan teori dari pengaruh konstanta PID terhadap sistem. Selanjutnya dalam merancang program untuk kontrol PID digunakan pseudocode sebagai berikut.



```
Kp = 1
Ki = 0.4
Kd = 0

while(True):
    current_Pitch = nilai_Pitch

    error_Pitch = set_point - current_Pitch

    integral = integral + error_Pitch * Ts

    derrivative = (error_Pitch - error_Pitch_prior) / Ts

    output_pid = (Kp * error_Pitch + Ki * integral + Kd *
derrivative)

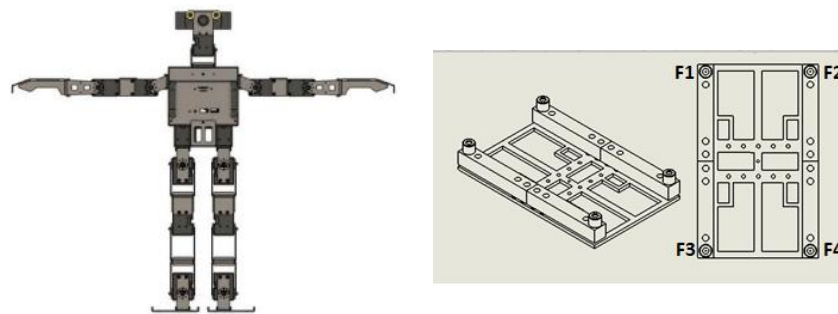
    error_Pitch_prior = error_Pitch
```

Gambar 3 : Perancangan PID untuk Kontrol Pitch

Dalam penelitian ini, penentuan dari nilai Kp, Ki, dan Kd untuk kontrol PID adalah dengan menggunakan metode *trial and error* atau *manual tuning* atau bisa juga disebut *tuning experiment*. Metode tersebut yaitu sebuah metode untuk menentukan nilai dari ketiga kontrol PID yaitu Kp, Ki, dan Kd dengan cara bereksperimen hingga didapatkan kombinasi dari ketiga nilai untuk menuju ke keadaan *steady state*. Dari program tersebut, keluaran dari PID akan diteruskan untuk mengontrol sistem Keseimbangan Parameter Jalan Robot hingga nilai pembacaan memiliki nilai yang sama dengan nilai *set point*. Untuk Ts (*Time sampling*) pada sistem PID data tersebut dapat diketahui melalui *rostopic hz*

2.3. Perancangan Mekanik

Pada Perancangan mekanik, dilakukan modifikasi robotis op3 pada bodi robot dan modifikasi tangan robot agar terlihat proposional seperti layaknya manusia. Selanjutnya pada bagian kaki robot telah dimodifikasi dengan menambahkan sensor *Load Cell* pada bagian kaki kanan dan kaki kiri robot.



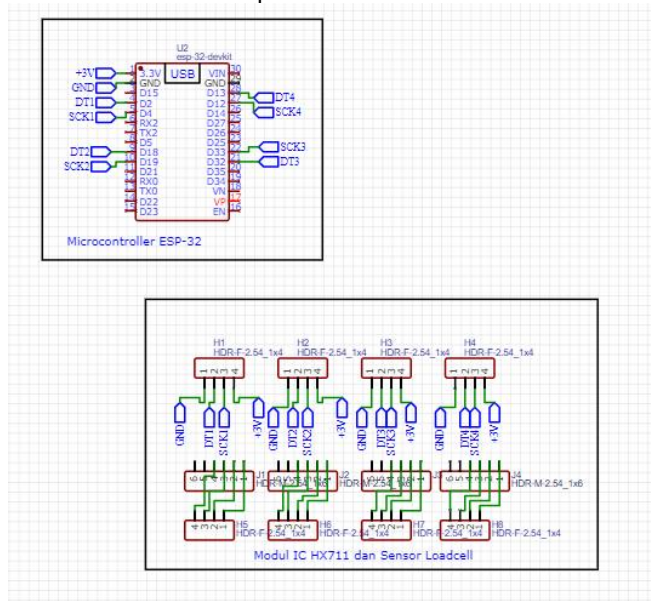
Gambar 4 : Perancangan Mekanik

Gambar 4 merupakan perancangan mekanik dari robot humanoid pada bagian body robot menggunakan bahan Plat Aluminium dan beberapa menggunakan PLA yang dicetak menggunakan 3D Printing dengan panjang 54 cm, lebar 11 cm, dan tinggi 55 cm.



2.4. Perancangan Elektronik

Pada Gambar 5 merupakan perancangan elektrik ESP-32 dan Sensor *Load Cell*. ESP-32 digunakan sebagai microcontroller untuk menerima tegangan yang dihasilkan oleh HX711 dan mengolah data yang diolah merupakan data digital yang akan dibaca oleh ESP-32 untuk mendapatkan nilai tekanan.



Gambar 5 : Perancangan Elektrtik ESP-32 dan Sensor *Load Cell*

Lalu komunikasi yang digunakan menggunakan komunikasi serial dengan skema ROS. *Load Cell* YZC-133 Sensor digunakan untuk mendapatkan data keluaran nilai tekanan dalam loadcell. Battery LiPo 11.1 V digunakan sebagai suplai tegangan utama pada kinerja robot diantaranya sebagai *supply* kinerja dari servo dynamixel dan Stepdown Voltage 5 V digunakan sebagai *supply* tegangan menuju sensor yang dipakai dalam kinerja robot, yang diantaranya adalah sensor *Load Cell* dan ESP-32.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Massa Sensor *Load Cell* YZC-131

Sensor *Load Cell* merupakan sensor yang akan digunakan untuk *feedback* dari kontrol PID dan pembacaan tekanan pada masing-masing kaki robot yang digunakan agar robot dapat berjalan lurus dan seimbang. Data kalibrasi yang akan digunakan dari sensor *Load Cell* adalah data dari beberapa pembacaan berat.

Tabel I : Data Kalibrasi pada pembacaan Sensor *Load Cell* kaki kiri
 Pengujian Kalibrasi sensor
Load Cell YZC-131

Massa Aktual	<i>Load Cell</i> Kaki Kiri	Massa (Gram)	%Error
100	F1	97	-3,1%
100	F2	100	0%
100	F3	98	-2,0%
100	F4	99	-1,0%
200	F1	201	0,5%
200	F2	200	0%
200	F3	198	-1,0%
200	F4	199	-0,5%
300	F1	299	-0,3%



300	F2	299	-0,3%
300	F3	298	-0,7%
300	F4	304	-1,3%
400	F1	405	1,2%
400	F2	394	-1,5%
400	F3	398	-0,5%
400	F4	405	1,2%
500	F1	502	0,4%
500	F2	501	0,2%
500	F3	498	-0,4%
500	F4	507	1,4%

Tabel II : Data Kalibrasi pada pembacaan Sensor *Load Cell* kaki kanan

Massa Aktual	<i>Load Cell</i> Kaki Kanan	Massa (Gram)	%Error
100	F1	102	2,0%
100	F2	99	-1,0%
100	F3	101	1,0%
100	F4	102	2,0%
200	F1	200	0,0%
200	F2	198	-1,0%
200	F3	199	-0,5%
200	F4	202	1,0%
300	F1	299	-0,3%
300	F2	304	1,3%
300	F3	299	-0,3%
300	F4	301	0,3%
400	F1	402	0,5%
400	F2	403	0,7%
400	F3	401	0,2%
400	F4	401	0,2%
500	F1	500	0%
500	F2	501	0,2%
500	F3	502	0,4%
500	F4	499	-0,2%

Dari hasil pengujian kalibrasi sensor *Load Cell* Tabel I dan II, pembacaan tekanan berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada tabel diatas, jelas bahwa posisi penempatan beban saat pengukuran massa sangat memengaruhi hasil yang dihasilkan. Oleh karena itu, posisi ini harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat. Setelah nilai rata-rata untuk setiap posisi dihitung dan persentase kesalahan %error dihitung untuk mengetahui seberapa baik alat melakukan pembacaan beban. Nilai error yang dihasilkan merupakan jarak atau selisih dari massa aktual ke massa keluaran dari *loadcell* setelah di kalibrasi dalam satuan gram. Error yang semakin kecil dan berakhir di nilai nol membuktikan jika sensor memiliki pembacaan yang menuju nilai akurat.

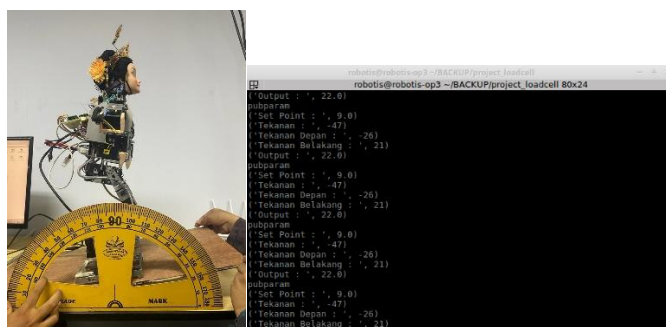
3.2. Pengujian Kontrol Pitch Robot Menggunakan Sensor Load Cell

3.2.1 Pengujian Kontrol Pitch Robot dari Depan

Pada Gambar 6 merupakan pengambilan data kontrol pitch dari depan berdasarkan nilai tekanan yang terbaca hasil data dari Gambar 6 ditampilkan dalam Tabel III pengujian tekanan berdasarkan sudut kemiringan.



Pada Pengujian kontrol Pitch menggunakan sensor *Loadcell* bertujuan untuk mengetahui apakah robot mampu mengontrol pitch untuk meminimalisir terjadinya robot terjatuh pada bidang miring dan tidak rata.



Gambar 6 : Hasil Pengujian Robot Sudut Miring Depan

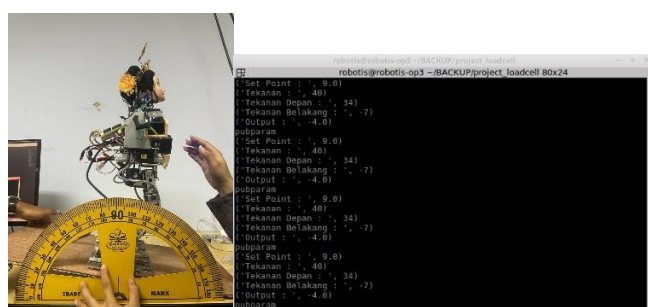
Tabel III : Hasil Pengujian Kontrol Pitch Berdasarkan Sudut Kemiringan dan Tekanan dari Depan

Sudut Kemiringan (Derajat)	Tekanan	Tekanan Depan	Tekanan Belakang	Set Point	Output
0°	-1	0	0	9,0	9,98
5°	-4	3	6	9,0	11,59
10°	-18	-6	12	9,0	19,10
15°	-19	-6	13	9,0	19,64
20°	-31	-18	13	9,0	22
25°	-44	-22	22	9,0	22

Dari hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa robot hanya bisa berdiri pada kondisi sudut miring atau tidak rata pada kondisi 0-25 derajat dan robot mampu mengontrol pitch sehingga meminimalisir terjadinya robot terjatuh, dengan kondisi maksimal pada 30 derajat robot akan mengalami kondisi terjatuh dan pitch tidak mampu mengontrol. Hasil pengujian Kontrol Pitch Berdasarkan Sudut Kemiringan dan Tekanan dari Depan memiliki nilai Tekanan, *Setpoint*, dan *Output*. Untuk mendapatkan nilai *Setpoint* dan *Output* menggunakan rumus perhitungan konversi sinyal tekanan menjadi sudut pitch.

3.2.2 Pengujian Kontrol Pitch Robot dari Belakang

Pada Gambar 6 merupakan pengambilan data kontrol pitch dari belakang berdasarkan nilai tekanan yang terbaca hasil data dari Gambar 6 ditampilkan dalam Tabel IV pengujian tekanan berdasarkan sudut kemiringan.



Gambar 7 : Hasil Pengujian Robot Sudut Miring Belakang



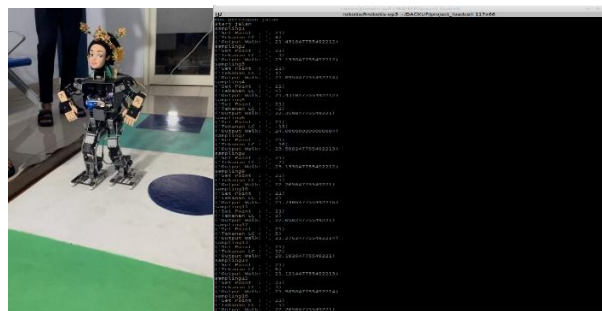
Tabel IV : Hasil Pengujian Kontrol Pitch Berdasarkan Sudut Kemiringan dan Tekanan dari Depan

Sudut Kemiringan (derajat)	Tekanan	Tekanan Depan	Tekanan Belakang	Set Point	Output
0°	-1	0	0	9,0	9,98
5°	9	7	-3	9,0	4,62
10°	17	17	-1	9,0	0,3
15°	23	18	-6	9,0	-2,8
20°	35	29	-7	9,0	-4,0
25°	40	34	-7	9,0	-4,0

Sama seperti hasil pengujian kontrol Pitch dari depan, hasil pengujian ini juga memiliki nilai Tekanan, *Setpoint* dan *Output*. Hasil pada *Output*. Hasil terakhir pengujian pada kontrol Pitch dari belakang menunjukkan hasil -4 dimana nilai tersebut merupakan nilai maksimum yang dihasilkan. Dari hasil pada tabel 3 dan 4 menunjukkan semakin besar kemiringan robot yang dibuat, nilai tekanan yang ada pun akan semakin besar.

3.3 Pengujian Robot Berjalan Menggunakan Sensor Load Cell

Pada pengujian yang ditampilkan pada Gambar 8 merupakan hasil pengujian robot berjalan menggunakan sensor *Load Cell* data yang dihasilkan ditampilkan kedalam Tabel V sebagai data sampling pembacaan tekanan dan



Gambar 8 : Hasil Pengujian Robot Berjalan Pada Arena

Tabel V : Hasil nilai data sampling pada saat robot berjalan

Sampling	Hasil Pengujian Pada Saat Robot Berjalan <i>Setpoint</i>	Tekanan <i>Load Cell</i>	<i>Output Walk</i>
1	21	4	21,43
2	21	-3	23,13
3	21	1	21,89
4	21	4	21,43
5	21	-2	22,3
6	21	-13	24
7	21	-10	23,59
8	21	-7	23,13
9	21	-1	22,20
10	21	2	22,05
11	21	0	22,05
12	21	5	21,74
13	21	12	20,19
14	21	6	21,12
15	21	3	21,58
16	21	-1	22,20



Kontrol *Pitch* berdasarkan *Set Point* pada saat robot berjalan dilakukan untuk mengetahui berapa tekanan yang dihasilkan pada saat robot berjalan menggunakan sensor *Load Cell*. Pengujian ini juga bertujuan untuk robot dapat mengontrol *pitch* pada saat kondisi robot lebih berat ke depan ataupun belakang. Nilai tekanan yang terbaca pada sensor akan menjadi koreksi pada parameter jalan robot lalu akan di proses pada *pitch* robot.

4. KESIMPULAN

Sensor *Load Cell* berbasis ESP-32 yang dirancang dengan menggunakan modul HX711 bekerja dengan baik dalam pembacaan beban atau tekanan. Berdasarkan hasil pembacaan pengujian massa beban, pembacaan alat masih mengandung *error* jika dibandingkan dengan nilai massa beban sebenarnya, namun tidak terlalu besar berkisar $\pm 2\%$. Hal ini menunjukkan proses pembacaan massa beban oleh alat berjalan dengan baik.

Pada sistem kontrol *pitch* diperlukan perhitungan konversi tekanan menjadi sudut *pitch* untuk mendapatkan nilai *Setpoint* yang mana digunakan sebagai acuan titik berdiri robot dalam kondisi seimbang dan nilai Output menjadi nilai maksimal dan minimal ketika robot ditempatkan pada bidang miring dengan kondisi robot pada 25 derajat dan pada kondisi bidang miring 30 derajat robot akan mengalami kondisi jatuh. Pada sistem kontrol *pitch* ditambahkan sistem kontrol PID bertujuan untuk memperhalus respon dari kontrol *pitch* dengan nilai parameter K_p sebesar 1, K_i sebesar 0,4, dan K_d sebesar 0.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Siradjuddin, L. Behera, T. M. Mcginnity, and S. Coleman, "A position based visual tracking system for a 7 DOF robot manipulator using a Kinect camera," pp. 10–15, 2012.
- [2] F. T. Elektro, "HUMANOID," 2017.
- [3] P. P. Nasional, K. Pendidikan, and R. Indonesia, "PANDUAN KONTES ROBOT INDONESIA (KRI) TAHUN 2022".
- [4] M. Gerakan, T. Remo, M. A. Fahd, D. Purwanto, and H. Fatoni, "Rancang Bangun Robot Penari Humanoid dengan," vol. 7, no. 2, 2018.
- [5] P. Seminar and N. Penelitian, "PERANCANGAN RANGKAIAN INTERFACE DUA ROBOT," pp. 5–8, 2018.
- [6] M. L. Bukhori, "KENDALI KESEIMBANGAN ROBOT HUMANOID SOCCER MENGGUNAKAN," no. November 2014, 2018, doi: 10.13140/RG.2.2.15702.91209.
- [7] G. Vasilyev, "Walking algorithm for ROBOTIS OP3 humanoid robot with force sensors," no. June 2021, pp. 19–23, 2019, doi: 10.1109/DeSE.2019.00014.
- [8] J. T. Elektro, F. Teknik, and U. Udayana, "ANALISA KESTABILAN GERAKAN STATIS PADA ROBOT HUMANOID," vol. 5, no. 2, pp. 253–262, 2018.
- [9] S. K. Keseimbangan and R. J. Klana, "Sistem Kontrol Keseimbangan Statis Robot Humanoid Joko Klana Berbasis Pengontrol PID," vol. 2, no. 1, 2013.
- [10] M. Al, D. Tumaga, and T. Hera, "Sistem Kendali pada Pergerakan Posisi Humanoid Robot Beroda Menggunakan PID," vol. 3, no. 2, pp. 228–234.

