SISTEM KONTROL GERAK KAKI ROBOT DENGAN MEMPERHATIKAN KONDISI SUHU MOTOR *SERVO* PADA BAGIAN LUTUT ROBOT *HUMANOID*

Aris Prihatin[1], Akhmad Musafa[2]
1. Teknik Elektro : Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
arisprhtn@gmail.com
2. Teknik Elektro : Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
akhmad.musafa@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Dalam Tugas Akhir ini di bahas sistem menggunakan bawaan robot Bioloid Tipe-A dengan 18 servo dynamixel AX-12 A. Dengan ukuran dimensi pada robot humanoid rentang tangan memiliki panjang 22 cm dan tinggi robot 56 cm. Setiap sendi digerkan oleh satu motor servo. Sistem elektronik terdiri dari kontoler CM -530 , motor servo dynamixel AX-12A ,Sensor suhu pada motor servo dynamixel ID 13 dan ID 14. Pada pengujian gerak robot berjalan tidak memperhatikan kondisi suhu motor servo, robot berhasil berjalan lurus dengan jarak 180 cm, namun pada jarak 180 cm terjatuh dengan hasil pembacaan serial monitor ID 13 & 14 = 47°C dan 42°C . Pada jarak 20 cm, suhu servo ID 13 & 14 = 32°C dan 31°C. Pada jarak 40 cm, suhu servo ID 13 & 14 = 34°C dan 32°C. Pada jarak 60 cm, suhu servo ID 13 & 14 = 37°C dan 34°C. Pada jarak 80 cm, suhu servo ID 13 & 14 = 38°C dan 36°C. Pada jarak 100 cm, suhu servo ID 13 & 14 = 40°C dan 37°C. Pada jarak 120 cm, suhu servo ID 13 & 14 = 41°C dan 37°C. Pada jarak 140 cm, suhu ID 13 & 14 = 44°C dan 40°C. Pada jarak 160cm, suhu ID 13&14 = 46°C dan 41°C. Pada jarak 200 cm , suhu ID 13 & 14 = 49°C dan 44°C. pengujian gerak robot berjalan dengan memperhatikan kondisi suhu motor servo, robot berhasil berjalan lurus dengan jarak 60 cm, suhu hasil pembacaan serial monitor ID 13&14 = 41°C dan 47°C, namun pada jarak 60 cm robot berbelok ke arah kanan hingga jarak 100 cm, suhu servo ID 13&14 = 44°C dan 52°C. Robot kembali berjalan lurus jarak 100 cm sampai 200 cm. Pada jarak 20 cm robot berjalan, suhu servo ID 13&14 = 37°C dan 42°C. Pada jarak 40 cm, suhu servo ID 13&14 = 39°C dan 44°C. Pada jarak 60 cm, suhu servo ID 13&14 = 41°C dan 47°C. Pada jarak 80 cm, dengan suhu servo ID 13 & 14 = 42°C dan 49°C. Pada jarak 120 cm,suhu servo ID 13&14 = 44°C dan 52°C. Pada jarak 140 cm,suhu servo ID 13&14 = 45°C dan 52°C. Pada jarak 180 cm, suhu servo ID 13&14 = 47°C dan 54°C. Pada jarak 200 cm, suhu servo ID 13&14 = 48°C dan 55°C.

Kata Kunci : Gerakan, Robot Humanoid ,motor servo dynamixel, sensor suhu, CM-530 kontoler.

ABSTRACT

In this final task is discussed system is designed using an innate Bioloid Type-A robot with 18 servo dynamixel AX-12 A. With the dimensions of the humanoid robot range of arms has a length of 22 cm and a height of 56 cm robot. Each joint is moved by one servo motor. The electronic system consists of a CM-530 controller, AX-12A dynamixel servo motor, temperature sensor on the dynamixel ID13 and ID14 servo motor. In testing the motion of the walking robot does not pay attention to the temperature condition of the servo motor, the robot managed to walk straight with a distance of 180 cm, but at a distance of 180 cm fell with the results of reading serial monitors ID13& 4 = 47°C and 42°C. At a distance of 20 cm, servo temperatures ID13&14 = 32°C and 31°C. At a distance of 40 cm, servo temperatures ID 13 & 14 = 34°C and 32°C. At a distance of 60 cm, servo temperatures ID 13&14 = 37°C and 34°C. At a distance of 80 cm, servo temperatures ID 13&14 = 38°C and 36°C. At a distance of 100 cm, servo temperatures ID 13&14 = 40°C and 37°C. At a distance of 120 cm, servo temperatures ID 13&14 = 41°C and 37°C. At a distance of 140 cm, the temperatures ID 13&14 = 44°C and 40°C. At a distance of 160cm, the temperatures ID 13&14 = 46°C and 41°C. At a distance of 200 cm, temperatures ID 13&14 = 49°C and 44°C. the robot motion test runs by observing the temperature condition of the servo motor, the robot manages to walk straight with a distance of 60 cm, the temperature of the serial monitor reading ID 13 & 14 = 41°C and 47°C, but at a distance of 60 cm the robot turns right toward a distance of 100 cm , servo temperatures ID13&14 = 44°C and 52°C. The robot goes straight back a distance of 100 cm to 200 cm. At a distance of 20 cm the robot runs, servo temperatures ID 13&14 = 37°C and 42°C. At a distance of 40 cm, servo temperatures ID 13&14 = 39°C and 44°C. At a distance of 60 cm, servo temperatures ID 13&14 = 41°C and 47°C. At a distance of 80 cm, with servo temperatures ID 13&14 = 42°C and 49°C. At a distance of 120 cm, servo temperatures ID 13&14 = 44°C and 52°C. At a distance of 140 cm, servo temperatures ID 13&14 = 45°C and 52°C. At a distance of 180

cm, servo temperatures ID 13&14 = 47°C and 54°C. At a distance of 200 cm, servo temperatures ID 13&14 = 48°C and 55°C.

Keywords: Movement, Humanoid Robot, dynamixel servo motor, temperature sensor, CM-530 controller.

I. PENDAHULUAN

Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) merupakan salah satu cabang Kontes Robot Indonesia (KRI) dengan tema seni tari. Kompetisi ini dilaksanakan untuk meningkatkan kreatifitas dan minat mahasiswa khususnya dalam lingkup teknologi robotika yang di ikuti berbagai Perguruan Tinggi.

Bagian penggerak pada robot humanoid terdiri dari susunan aktuator atau penggerak yang memiliki tingkat derajat kebebasan tertentu. Aktuator pada robot humanoid berlaku layaknya otot dan sendi seperti yang terdapat pada tubuh manusia. Salah satu contoh aktuator yaitu robot Dynamixel AX-12A. Aktuator memiliki kemampuan untuk mengatur kecepatan, mengidentifikasi suhu, mengatur posisi poros, tegangan, juga beban.

Pada penelitian yang berjudul Kendali Keseimbangan Pada Robot Humanoid dengan 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 melalu komunikasi I2C (*Inter Intergrated Circuit*) dengan Rasberry Pi 2yang 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 menyeimbangan robot saat berjalan. [1]

Pada penelitian yang berjudul Implementasi Kaki Robot Humanoid Menggunakan OpenCM9.04, dengan metode yang digunakan untuk menyeimbangkan robot dengan mengimplementasikan langsung dari gerakan manusia sebagai algoritma pergerakan kaki robot, Hasil penelitian menunjukkan bahwa program pergerakan yang telah dibuat dapat diimplementasikan seperti program yang dibangun, dengan beberapa batasan yaitu tidak semua parameter yang telah dibuat dapat diimplementasikan dengan presentase tingkat keberhasilan sebesar 64% dan kegagalan sebesar 36%. [2]

Pada penelitian yang berjudul sistem Kontrol Gerak Robot Biped, Pada pengujian ini, Pergerakan robot paling jauh saat diuji yaitu mencapai 2 meter, 30 cm dengan waktu 3 menit 7 detik. Pada pengujian ini, pergerakan jalannya robot tidak lurus karena saat berjalan kedua pangkal paha kaki kurang ke angkat sehingga ada gesekan telapak kaki dengan lintasan dan menyebabkan perubahan pergerakan posisi kedua kaki robot. [3]

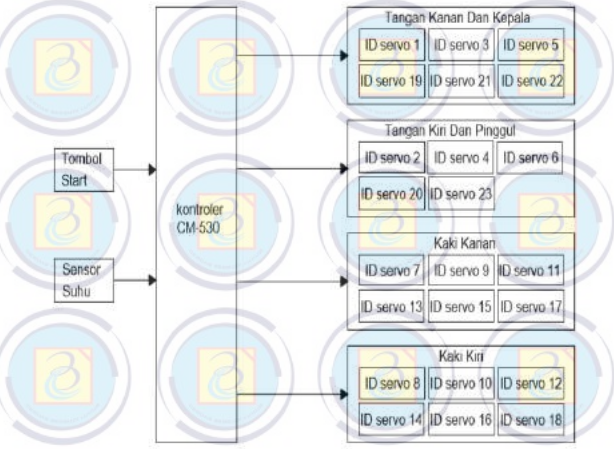
Pada penelitian yang berjudul Penggunaan Sensor Keseimbangan *Accelerometer* dan Sensor Halangan *Ultrasonic* Pada Aplikasi Robot Berkaki, Hasil pengujian sistem pergerakan kaki robot yang telah di integrasikan dengan sensor kesetimbangan dan sensor halangan efisien dan efektif dalam melakukan kerjanya sebagai robot berkaki dua yang dapat berjalan seimbang dalam menghindari halangan. [4]

Pada penelitian yang berjudul Pemodelan Dan Aktualisasi Gerakan Harmonisasi Pada Laju Robot Berkaki, Hasil pengujian elah selesai memodelkan serta mengaktualisasikan dalam implentasikan robot berkaki dalam harmonisasi gerakan maju, gerakan mundur, gerakan belok, dan keseimbangan yang didapatkan saat gerakan dilakukan. Penelitian ini disimpulkan bahwa pemilihan bahan dan material penyusun serta pembangun badan dan kaki robot beroda harus di perhitungkan dengan nilai tenaga yang diciptakan dari sumber daya yang dimiliki. [5]

Dengan adanya hal itu, maka pada proposal Tugas Akhir ini dibuat untuk mengembangkan sistem dari jurnal penelitian yang berjudul implementasi kaki robot humanoid menggunakan OpenCM9.04, yang ditulis oleh Yuni, Yolandini (2018). Proposal yang akan di ajukan dengan berjudul "SISTEM KONTROL GERAK KAKI ROBOT DENGAN MEMPERHATIKAN SUHU MOTOR *SERVO* PADA BAGIAN LUTUT ROBOT *HUMANOID*" dalam mengontrol suhu pada motor *servo*, penelitian ini menggunakan *temperature sensor* pada motor *servo dynamixel AX-12A* , dengan cara mengatur nilai arus dan tegangan pada bagian motor *servo* ID 13 dan 14 pada lutut robot *humanoid* menggunakan kontroler bawaan dari robotis yaitu CM-530, agar suhu motor *servo* tidak panas pada saat robot berjalan dan tidak melambatnya putaran motor *servo* pada robot. Jumlah *servo* yang digunakan pada penelitian menggunakan 23 *servo* sebagai derajat kebebasan robot *humanoid*

II. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem yang dilakukan adalah perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras pada sistem terdiri dari perancangan sistem mekanik *robot humanoid* dan sistem elektronik *robot humanoid*. Sedangkan perancangan untuk perangkat lunak menjelaskan tentang algoritma program yang akan ditanamkan ke dalam kontoler CM-530. Diagram blok sistem robot *Humanoid* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Robot Humanoid

A. *Diagram Blok Sistem*

Dari gambar 1, bagian-bagian sistem diagram blok robot *humanoid* sebagai berikut :

1. Tombol start digunakan untuk menyalakan robot.
2. Sensor suhu digunakan sebagai pendeteksi suhu motor *servo dynamixel AX-12 A*, pada diagram blok gambar 1, sensor yang digunakan pada robot menggunakan sensor suhu pada motor *servo* ID 13 dan 14 pada bagian lutut robot *humanoid.*
3. Kontoler CM 530 digunakan sebagai pengendali kontrol utama robot.
4. Motor *servo* digunakan sebagai penggerak sekaligus bagian robot humunaoid secara keseluruhan.

B. *Perancangan Perangkat Keras*

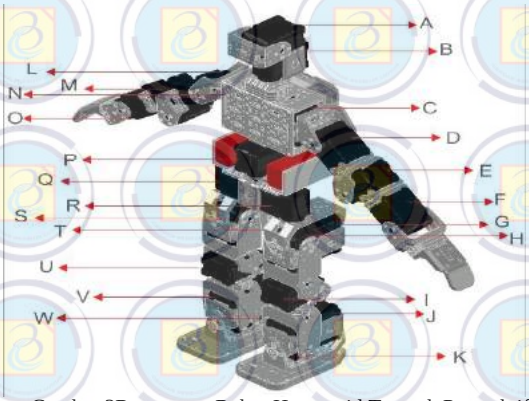
Perancangan perangkat keras pada sistem kontrol gerak kaki robot, yang terdiri dari sistem mekanik robot dan sistem elektronik robot.

- *Sistem Mekanik Robot*

Sistem elektronik pada robot terdiri dari kontroler dan motor *servo* motor penggerak sendi robot. kontroler bawaan dari robot bioloid yaitu menggunkan CM-530. Pada tugas akhir ini, menggunakan kontroler bawaan dari robot, dan sensor suhu yang terdapat dalam motor *servo* ID 13 dan 14 bagian lutut robot.

Sistem menggunakan bawaan robot Bioloid Tipe-A dengan 18 *servo dynamixel AX-12 A*, namun pada tugas akhir ini menambahkan jumlah motor *servo* sebanyak 5 buah yaitu pada sendi kepala, sendi pada pergelangan bawah, dan sendi pada pinggang. Tujuan di tambahkannya 5 buah *servo* pada tugas akhir adalah sebagai ketentuan dari peraturan Kontes Robot Seni Tari Indpnesia (KRSTI) yang menggunakan 23 *servo* sebagai derajat kebebasan robot, agar dapat di kembangkan oleh tim selanjutnya yang ingin mengikuti lomba. Dengan ukuran dimensi pada robot *humanoid* rentang tangan memiliki panjang 22 cm dan tinggi robot 56 cm. Bentuk robot Bioloid Tipe A dan rancangan robot *humanoid tampak prespektif* ditunjukan pada Gambar 3.2 dan 3.3. Serta titik – titik sendi pada robot ditunjukkan pada Tabel 1.

Gambar 2. Robot Biloid Type A

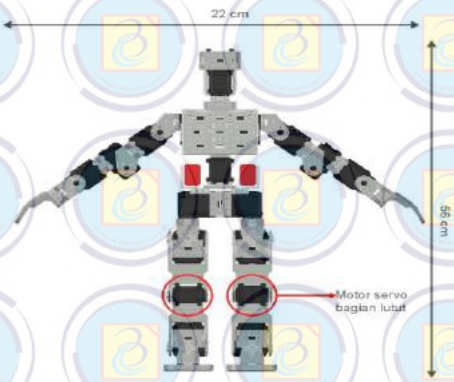


Gambar 3Rancangan Robot Humanoid Tampak Prespektif

Tabel 1. Titik – titik Sendi Pada Robot

Titik -titik sendi robot	Keterangan
A & B	Sendi Pada Kepala
C & L	Sendi Pada Bahu
D & M	Sendi Pada Lengan Atas
E & N	Sendi Pada Sikut
F & O	Sendi Pada Pergelangan Bawah
P	Sendi Pada Pinggang
Q & R	Sendi Pada Pinggul
G & T	Sendi pada Pangkal Paha Pitch
H & S	Sendi pada Pangkal Paha Roll
I & U	Sendi Pada Lutut
V& K	Sendi Pada pergelangan Pitch
W& J	Sendi Pada pergelangan Roll

Dalam tugas akhir ini sistem robot *humanoid* difokuskan pada motor *servo dynamixel* ID 13 dan 14 pada lutut robot. Karena pada bagian lutut motor *servo* robot, beban yang diterima berat dan mudah *OFF* ketika motor *servo* sudah panas. Struktur bagian robot *humanoid* tampak depan pada motor *servo* bagian lutut ditunjukan pada Gambar 4.



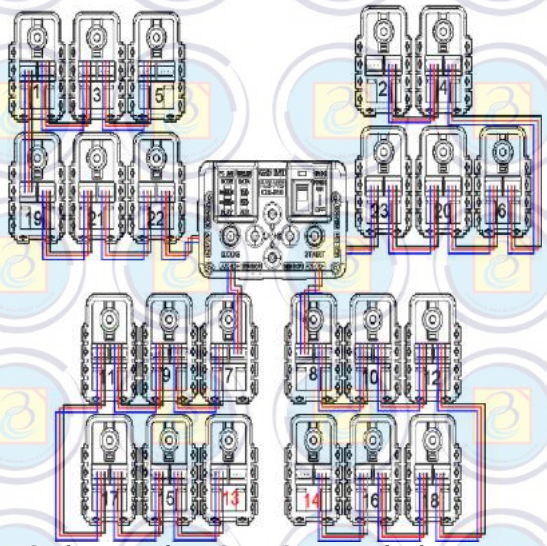
Gambar 4.Struktur Bagian Robot Humanoid Tampak Depan Pada Motor Servo Bagian Lutut

- *Sistem Elektronik Robot*

Sistem elektronik pada robot terdiri dari kontroler dan motor *servo* motor penggerak sendi robot. kontroler bawaan dari robot bioloid yaitu menggunkan CM-530. Pada tugas akhir ini, menggunakan kontroler bawaan dari robot, dan sensor suhu yang terdapat dalam motor *servo* ID 13 dan 14 bagian lutut robot.

1. Rangkaian Sistem Secara Keseluruhan

Kontroler yang digunakan pada robot menggunakan kontroler CM-530. Kontroler menerima input berupa suhu dari pembacan sensor suhu ID motor 13 dan 14 pada motor *servo dynamixel AX-12 A*, menghasilkan output berupa sinyal pulsa putaran pada motor *servo*. Feedback suhu pada ID 13 dan 14 bagian lutut robot untuk menggerakan motor *servo* pada robot, agar motor *servo* tetap dalam sudut gerak dan meminimalisir robot terjatuh pada saat motor sedang bekerja. Rangkaian sistem secara keseluruhan dengan perangkat input dan output ditunjukkan pada Gambar 5.



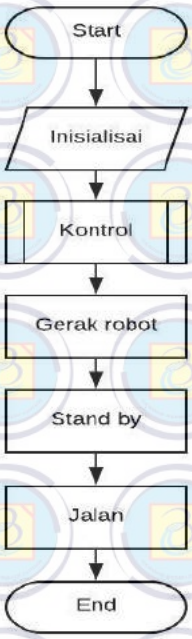
Gambar 5. Rangkaian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Perangkat Input dan Output

Keterangan pin I/O :

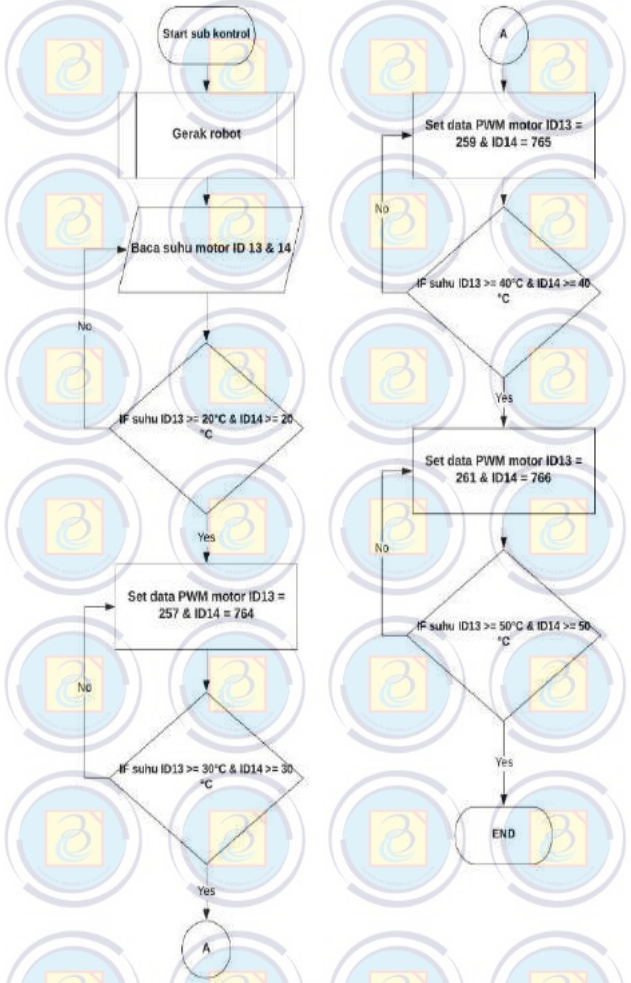
1. GND =
2. VCC =
3. DATA =

C. Perancangan Perangkat Lunak

Dalam perancangan perangkat lunak pada sistem robot *humanoid* diprogram menggunakan robotask yang ada di dalam aplikasi Roboplus dari robotis, sebelum memprogram dengan robotask pada aplikasi, terlebih dahulu dibuat sebuah diagram alir program *(flowcahart)* yang menggambarkan algoritma sistem yang akan di buat. Diagram alir robot *humanoid* dibagi menjadi dua, diagram pertama menggambarkan algoritma program utama sistem dan diagram kedua menggambarkan algoritma program yang mengatur suhu *servo* dynamixel ID 13 dan 14 pada robot. Kedua diagram tersebut ditunjukan pada Gambar 6. Dan Gambar 7.



Gambar 6. Flowchart Program Utama



Gambar 7. Flowchart Sub Program Suhu Motor Servo ID 13 dan ID 14

III. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada penelitian ini pengujian yang telah dilakukan merupakan pengujian gerak robot dengan memperhatikan kondisi suhu pada motor servo ID 13 dan ID 14 pada bagian lutut dan melakukan pengujian dengan membandingkan gerakan berjalan dengan memperhatikan kondisi suhu pada bagian lutut dengan tanpa memperhatikan kondisi suhu pada bagian lutut

A. Pengujian Gerak Robot Memperhatikan Kondisi Suhu Motor Servo ID 13 dan ID 14

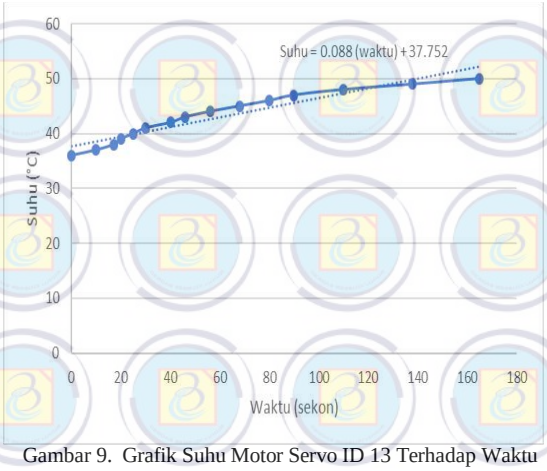
Pengujian gerak robot memperhatikan kondisi suhu motor *servo* ID 13 dan ID 14 yang bertujuan untuk mengetahui kinerja sensor suhu pada motor *servo* ID 13 dan ID 14 yang di kontrol pada rancangan sistem robot yang telah dibuat, Pengujian dilakukan dengan menggerakan motor *servo* ID 19 (sendi pada pergelangan bawah robot). Hasil pengujian algortima program pada *software robotask* dan Tampilan hasil pengujian motor *servo* memperhatikan kondisi suhu motor *servo* ID 13 dan 14 ditunjukkan pada Gambar 8. Serta hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Gambar 8. Tampilan Hasil Pengujian Motor Servo Dengan Memperhatikan Kondisi Suhu Motor *Servo* ID 13 dan ID 14

Data hasil pengujian pada pembacaan suhu motor *servo* ID 13, dimasukkan pada MS Exel untuk mendapatkan persamaan garis dengan cara *add trendline* pada grafik yang terbentuk dan didapat persamaan matematik, persamaan ini dipakai untuk mendapatkan tingkat keakuratan data pada saat proses pengujjian suhu motor servo agar lebih optimal. Pengujian Grafik suhu motor *servo* ID 13 terhadap waktu yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Tabel 2. Hasil Pengujian Dengan Memperhatikan Suhu Motor Servo ID 13dan ID 14

Suhu Motor Servo (°C)		Suhu Motor Servo (°C)	
ID 13	Waktu (s)	ID 14	Waktu (s)
36	0	34	0
37	10	35	10
38	17	36	20
39	20	37	25
40	25	38	40
41	30	39	50
42	40	40	60
43	46	41	75
44	56	42	85
45	68	43	120
46	80	44	165
47	90		
48	110		
49	138		
50	165		



Gambar 9. Grafik Suhu Motor Servo ID 13 Terhadap Waktu

$$Suhu = 0{,}088\ (waktu) + 37{,}752 \quad (1)$$

Persamaan inilah yang digunakan sebagai acuan untuk mengonversikan waktu dari suhu motor *servo* ID 13 yang dibaca dari kontroler CM-530 menjadi nilai suhu pada motor *servo*. Contoh perhitungan pada data nomor 1 dan hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 3.

$$Suhu = 0{,}088\ x\ (0) + 37{,}752 = 37{,}752\ °C \quad (2)$$

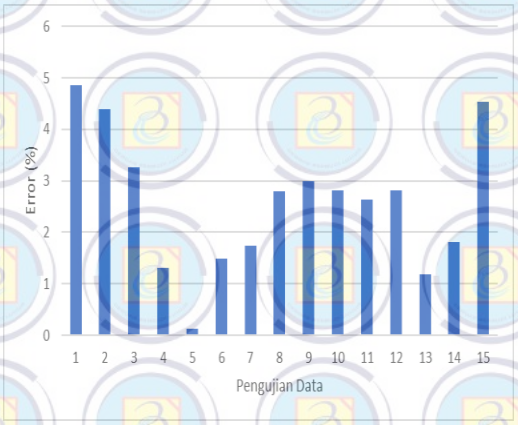
Tabel 3.Hasil perhitungan suhu motor servo ID 13

NO	Waktu (s)	Suhu *servo* ID 13(°C)	Perhitungan suhu *servo* ID 13(°C)	Error (%)
1	0	36	37,75	4,86
2	10	37	38,63	4,4
3	17	38	39,24	3,26
4	20	39	39,51	1,3
5	25	40	39,95	0,12
6	30	41	40,39	1,48
7	40	42	41,27	1,73
8	46	43	41,8	2,79
9	56	44	42,68	3
10	68	45	43,73	2,82
11	80	46	44,79	2,63
12	90	47	45,67	2,82
13	110	48	47,43	1,18
14	138	49	49,89	1,81
15	165	50	52,27	4,54

Dimana :

$$error \left| \frac{Suhu\ servo\ ID\ 13 - perhitungan\ suhu\ servo\ ID\ 13}{Suhu\ servo\ ID\ 13} . 100\% \right| \quad (3)$$

Grafik nilai *error* secara keseluruhan pada 14 kali pengambilan data yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik nilai error secara keseluruhan

Setelah itu, rata – rata nilai *error* dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$\overline{error} = \frac{\Sigma error}{n} \quad (4)$$

Dimana:

$\overline{error} = rata - rata\ error\ pengujian$

$\sum error = penjumlahan\ nilai\ error\ pengujian$

$n = banyaknya\ pengujian\ data$

Berdasarkan Tabel 3. Dapat dihitung rata – rata nilai *error* pengujian sebagai berikut :

$\sum error$ = 4,86 + 4,4 + 3,26+ 1,3 + 0,12 + 1,48 + 1,73+2,79+3+2,82+2,63+2,82 + 1,18 + 1,81 + 4,54 = 38,74 %

n = 15

Maka rata – rata nilai *error* nya adalah :

$$\overline{error} = \frac{38{,}74}{15} = 2{,}58\ \%$$

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa rata – rata nilai *error* pada pengujian suhu motor *servo* ID 13 sebesar 2,58 %. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian yang dilakukan pada suhu motor *servo* ID 13 saat membaca kenaikkan suhunya sangat cepat, sehingga tingkat ketelitiian dalam membaca kenaikkan suhunya terhadap waktu tertentu menjadi tidak akurat. Pada saat suhu motor *servo* berada di suhu 50 °C, motor *servo* berhenti bekerja dan robot dalam posisi tidak bergerak.

B. Pengujian Gerakan Berjalan

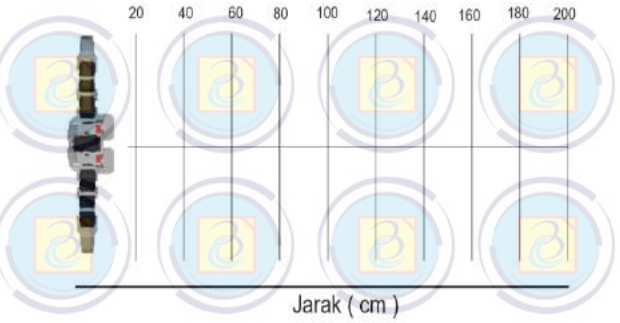
Pengujian gerakan robot berjalan dibagi menjadi dua yaitu sebagi berikut :

- *Pengujian Tidak Memperhatikan Suhu Pada Bagian Lutut Robot*

Pada pengujian gerakan robot berjalan, bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengaturan motor servo yang tidak memperhatikan kondisi suhu motor terhadap gerakan robot ketika berjalan dan tingkat keberhasilan robot pada saat melakukan gerakan berjalan.

Pengujian dilakukan dengan cara sebagi berikut.

1. Membuat Program keseluruhan menampilkan suhu dengan *software roboplus task* pada serial monitor.
2. Download program.
3. Klik *view output of program* untuk melihat kondisi suhu motor *servo*.
4. Membuat skema pengujian, Skema pengujian ditunjukan pada Gambar pengujian dilakukan dengan cara robot berjalan lurus tanpa ada halangan. Hasil pengujian ditunjukan pada Tabel 4.
5. Menyalakan tombol ON pada kontoler CM - 530
6. Kemudian menekan tombol play pada Kontroler CM-530.
7. Menjalankan robot sesuai skema yang telah di buat.



Gambar 11. Skema pengujian tidak memperhatikan kondisi motor servo

Pada Gambar 11. Skema pengujian pada robot humanoid, kondisi awal robot berada pada posisi 0 cm lalu ketika robot di run robot berjalan lurus tanpa ada halangan sampai jarak 200 cm. Hasil pengujian tingkat keberhasilan gerakan robot berjalan tidak memperhatikan suhu motor servo bagian lutut dapat dilihat pada Tabel 4. sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil pengujian tingkat keberhasilan gerak robot tidak memperhatikan suhu motor servo bagian lutut.

Pengujian ke-	Jarak tempuh(cm)	Suhu motor *servo* ID 13(°C)	Suhu motor *servo* ID 14(°C)	Terjatuh
1	20	32	31	-
2	40	34	32	-
3	60	37	34	-
4	80	38	36	-
5	100	40	37	-
6	120	41	37	-
7	140	44	40	-
8	160	46	41	-
9	180	47	42	1
10	200	49	44	-

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa, pada pengujian gerak robot berjalan tidak memperhatikan kondisi suhu motor *servo*, robot berhasil berjalan lurus dengan jarak 180 cm, namun pada jarak 180 robot terjatuh. Suhu yang dideteksi oleh kontroler CM-530 dari hasil pembacaan serial monitor ID 13 & 14 adalah 47°C dan 42°C . Pada jarak 20 cm robot berjalan ,dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 32°C dan 31°C. Pada jarak 40 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 34°C dan 32°C. Pada jarak 60 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 37°C dan 34°C. Pada jarak 80 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 38°C dan 36°C. Pada jarak 100 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 40°C dan 37°C. Pada jarak 120 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 41°C dan 37°C. Pada jarak 140 cm, dengan suhu ID 13 & 14 = 44°C dan 40°C. Pada jarak 160cm, dengan suhu ID 13 & 14 = 46°C dan 41°C. Pada jarak 200 cm , dengan suhu ID 13 & 14 = 49°C dan °C.

- *Pengujian Memperhatikan Suhu Pada Bagian Lutut Robot*

Pada pengujian gerakan robot berjalan, bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengaturan motor servo yang memperhatikan kondisi suhu motor terhadap gerakan robot ketika berjalan dan tingkat keberhasilan robot pada saat melakukan gerakan berjalan.

Pengujian dilakukan dengan cara sebagi berikut:

1. Membuat Program keseluruhan menampilkan suhu dengan *software roboplus task* pada serial monitor.
2. Download program.
3. Klik *view output of program* untuk melihat kondisi suhu motor *servo*.
4. Membuat skema pengujian, Skema pengujian ditunjukan pada Gambar 4.17 pengujian dilakukan dengan cara robot berjalan lurus tanpa ada halangan. Hasil pengujian ditunjukan pada Tabel 5.
5. Menyalakan tombol ON pada kontoler CM-530.
6. Kemudian menekan tombol play pada Kontroler CM-530.
7. Menjalankan robot sesuai skema yang telah di buat.

Hasil pengujian tingkat keberhasilan gerakan robot berjalan memperhatikan suhu motor servo bagian lutut berdasarkan Gambar 11, dapat dilihat pada tabel 5. sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil pengujian tingkat keberhasilan gerak robot memperhatikan suhu motor servo bagian lutut.

Pengujian ke-	Jarak tempuh(cm)	Suhu motor *servo* ID 13(°C)	Suhu motor *servo* ID 14(°C)	Terjatuh
1	20	37	42	-
2	40	39	44	-
3	60	41	47	-
4	80	42	49	-
5	100	44	50	-
6	120	44	52	-
7	140	45	52	-
8	160	46	53	-
9	180	47	54	-
10	200	48	55	-

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa, pada pengujian gerak robot berjalan dengan memperhatikan kondisi suhu motor *servo*, robot berhasil berjalan lurus dengan jarak 60 cm dengan suhu yang dideteksi oleh kontroler CM-530 dari hasil pembacaan serial monitor ID 13 & 14 = 41°C dan 47°C, namun pada jarak 60 cm robot berbelok ke arah kanan hingga jarak 100 cm dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 44°C dan 52°C. Robot kembali berjalan lurus jarak 100 cm sampai 200 cm. Pada jarak 20 cm robot berjalan ,dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 37°C dan 42°C. Pada jarak 40 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 39°C dan 44°C. Pada jarak 60 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 41°C dan 47°C. Pada jarak 80 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 42°C dan 49°C. Pada jarak 120 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 44°C dan 52°C. Pada jarak 140 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 45°C dan 52°C. Pada jarak 180 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 47°C dan 54°C. Pada jarak 200 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 48°C dan 55°C.

IV. KESIMPULAN

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

1. Berdasarkan hasil pengujian motor *servo* tanpa beban nilai rata-rata *error* sangat kecil yaitu 0,28 %. Menunjukkan bahwa pengujian yang dilakukan pada motor *servo* tanpa beban dinilai sangat akurat, sehingga kinerja motor *servo* berfungsi dengan baik.
2. Berdasarkan hasil pengujian suhu motor *servo* ID 13 nilai rata-rata *error* sebesar 2,58 %. Menunjukkan bahwa pengujian pada suhu motor *servo* ID 13, saat membaca kenaikkan suhunya sangat cepat, sehingga tingkat ketelitiian dalam membaca kenaikkan suhunya terhadap waktu tertentu menjadi kurang akurat.
3. Pada pengujian gerak robot berjalan tidak memperhatikan kondisi suhu motor *servo*, robot berhasil berjalan lurus dengan jarak 180 cm, namun pada jarak 180 cm pula robot terjatuh dengan suhu yang dideteksi oleh kontroler CM 530 dari hasil pembacaan serial monitor ID 13 & 14 adalah 47°C dan 42°C . Pada jarak 20 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 32°C dan 31°C. Pada jarak 40 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 34°C dan 32°C. Pada jarak 60 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 37°C dan 34°C. Pada jarak 80 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 38°C dan 36°C. Pada jarak 100 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 40°C dan 37°C. Pada jarak 120 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 41°C dan 37°C. Pada jarak 140 cm, dengan suhu ID 13 & 14 = 44°C dan 40°C. Pada jarak 160cm, dengan suhu ID 13 & 14 = 46°C dan 41°C. Pada jarak 200 cm , dengan suhu ID 13 & 14 = 49°C dan °C.
4. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa, pada pengujian gerak robot berjalan dengan memperhatikan kondisi suhu motor *servo*, robot berhasil berjalan lurus dengan jarak 60 cm dengan suhu yang dideteksi oleh kontroler CM-530 dari hasil pembacaan serial monitor ID 13 & 14 = 41°C dan 47°C, namun pada jarak 60 cm robot berbelok ke arah kanan hingga jarak 100 cm dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 44°C dan 52°C. Robot kembali berjalan lurus jarak 100 cm sampai 200 cm. Pada jarak 20 cm robot berjalan ,dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 37°C dan 42°C. Pada jarak 40 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 39°C dan 44°C. Pada jarak 60 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 41°C dan 47°C. Pada jarak 80 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 42°C dan 49°C. Pada jarak 120 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 44°C dan 52°C. Pada jarak 140 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 45°C dan 52°C. Pada jarak 180 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 47°C dan 54°C. Pada jarak 200 cm, dengan suhu *servo* ID 13 & 14 = 48°C dan 55°C.

REFRENSI

[1] R. J. Fariz, "Kendali Keseimbangan Pada Robot Humanoid Balance Control on Humanoid Robot," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 1421–1428, 2016.

[2] J. YOLANDINI, "IMPLEMENTASI PERGERAKAN KAKI ROBOT HUMANOID MENGGUNAKAN OPENCM 9.04," p. 121, 2018.

[3] S. Dorianta Surbakti, "SISTEM KONTROL GERAK ROBOT BIPED," 2018.

[4] Abdullah, "Penggunaan Sensor Kesetimbangan Accelerometer dan Sensor Halangan Ultrasonic pada Aplikasi Robot Berkaki Dua," *Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, p. 6, 2017.

[5] F. S. S.N.M.P. Simamora, "Pemodelan Dan Aktualisasi Gerak Harmonisasi Pada Laju," pp. 51–54, 2014.