

## PENGAPLIKASIAN ACCELEROMETER SEBAGAI FEEDBACK PADA ARM ROBOT 5 DOF (DEGREE OF FREEDOM)

Setya Permana Sutisna<sup>1</sup>, Erwin Maulana<sup>1</sup>, Anton Royanto Ahmad<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor  
e-mail: erwinmaulana913@gmail.com

### ABSTRAK

Sistem kontrol otomatis juga dapat diimplementasikan menggunakan konsep robot lengan. Pada penelitian ini, sistem kendali robot lengan 5 DOF (Degree of Freedom) menggunakan metode kontrol tertutup (close loop) menggunakan sensor MPU dengan mengintegrasikan putaran motor servo MG995 sebagai umpan balik. Kendali robot menggunakan aplikasi berbasis android, aplikasi mengirim data sudut putar untuk setiap motor servo yang akan berputar ke sudut tertentu, setelah itu data yang diterima oleh HC - 05 Bluetooth dan arduino UNO R3 memproses datanya. Mikrokontroler Arduino UNO R3 dapat mengontrol setiap putaran motor servo yang terintegrasi dengan sensor MPU6050 dengan komunikasi monitor serial untuk menampilkan rotasi setiap motor servo. Hasil pengujian diperoleh nilai standar deviasi menunjukkan seberapa besar keragaman sampel. Hasil dari penelitian ini menunjukkan korelasi standar deviasi dengan jumlah keragaman sampel. Nilai standar deviasi yang lebih tinggi akan menunjukkan lebih banyak data sampel yang tersebar (data beragam atau bervariasi), jika tidak, nilai standar deviasi yang lebih kecil akan menunjukkan data sampel yang homogen, dan jika standar deviasi sama dengan nol maka menunjukkan sampel memiliki data yang identik. Nilai standar deviasi tertinggi dari motor servo 1 adalah 5.20, motor servo 2 dan 3 adalah 1.00, motor servo 4 adalah 2.89, dan motor servo 5 2.9.

**Kata kunci :** *Close Loop, Sensor MPU 6050, Motor servo, Arduino UNO R3.*

### ABSTRACT

*The automatic control system also able to implement using arm robot concept. In this research, 5 DOF (Degree of Freedom) arm robot control system using the close – loop control method with the MPU 6050 Sensor which integrates the rotation of MG995 motor servo as feedback. Control of this robot using android – based application, the app send data of rotate angle for each servo motor which will rotate to a certain angle, afterward the data received by HC – 05 Bluetooth and the arduino UNO R3 process its data. Arduino UNO R3 microcontroller can control every rotation of each servo motor that integrated with an MPU6050 sensor with serial monitor communication to display the rotation of each servo motor. The test results obtained by the standard deviation value shows how large the sample diversity is. The result of this research show standard deviation correlation with the number of sample diversity. The higher standard deviation value will indicate more sample data spread (data diverse or varies), otherwise smaller standard deviation value will indicate homogenous sample data, and if standard deviation equals to zero it indicates sample has identical data. The highest standard deviation value from servo motor 1 is 5.20, servo motor 2 and 3 are 1.00, servo motor 4 is 2.89, and servo motor 5 is 2.9.*

**Keywords :** *Close Loop, MPU 6050 Sensor, Servo motor, Arduino UNO R3.*

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi pada era digitalisasi saat ini sudah berbasis komputerisasi di semua kalangan, baik kalangan penelitian maupun industri. Dasar penggunaan teknologi harus meningkatkan produktifitas sumber daya manusia dan peningkatan efisiensi produk yang dihasilkan. Standarisasi produk berkualitas tinggi dalam jumlah banyak diperlukan teknologi robotic guna mengantisipasi *human error* (kesalahan manusia) saat proses pembuatan produk dan distribusi logistik (Ruswanto *et al.*, 2011).

Pada perancangan sistem kontrol ini bermaksud untuk membuat sistem kontrol loop tertutup (Close Loop) pada pengoperasian Arm Robot 5 DOF (Degree of Freedom) yang dikontrol dengan Smartphone Android dengan menggunakan koneksi Bluetooth. Penggunaan Mikrokontroler Arduino UNO berfungsi sebagai pengendali utama dalam menjalankan program logika yang sudah dibuat dan penggunaan sensor MPU6050 berfungsi sebagai feedback (umpan balik) terhadap pergerakan sudut servo motor (Firman, 2017). Hasil penelitian, dalam pengoperasian Arm Robot dengan memasukan nilai sudut input masing-

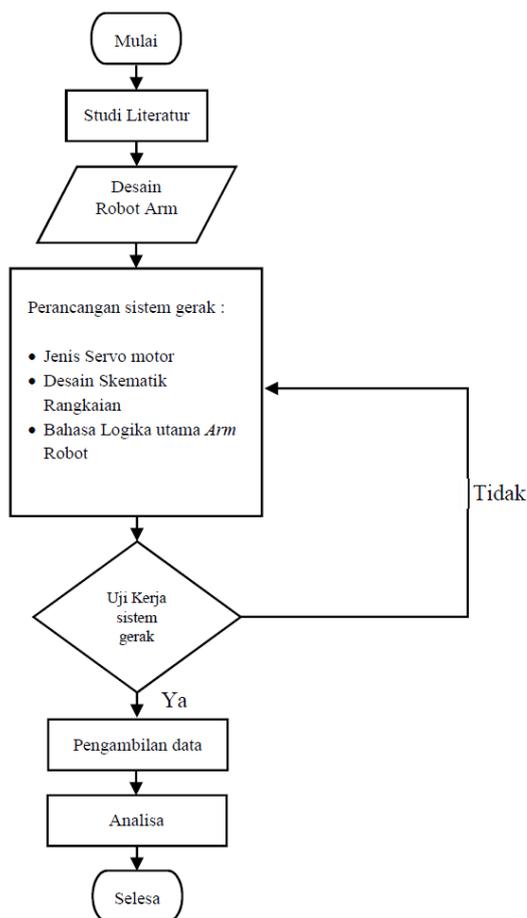
masing servo terhadap sudut output berdasarkan sensor MPU6050 yang terintegrasi dengan Servo motor.

Tujuan dari penelitian ini adalah Dapat mengendalikan Arm Robot dengan Smartphone android. Mendapatkan nilai sudut pada masing – masing servo motor ketika Sistem Arm Robot digerakan sesuai sudut yang telah ditentukan dan Mendapatkan sistem kontrol Close Loop pada gerakan servo motor dengan akurat.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian Sistem Kontrol Arm 5 DOF (Degree Of Freedom) Dengan Android Smartphone dilakukan dengan perancangan sistem gerak berdasarkan metode loop tertutup (close loop).

### • Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 diagram alir penelitian

### • Bahan Penelitian

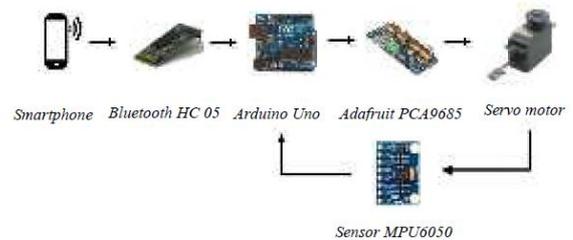
Bahan dan alat yang digunakan pada “Sistem Kontrol arm robot 5 DOF (Degree of Freedom) dengan android smartphone” dijelaskan pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1 Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Jumlah	Satuan
1	Arduino UNO	1	1 Pcs
2	Servo Motor	6	6 pcs
3	Kabel jumper	1	3 set
4	Bluetooth HC-05	1	1 Pcs
5	Sensor MPU 6050	4	4 pcs
6	Breadboard	1	1 pcs
7	Adafruit PCA9685	1	1 pcs
8	Adaptor 5 Volt	1	1 pcs
9	Smartphone android	1	1 pcs

### • Perancangan sistem gerak

Secara keseluruhan dalam merancang sistem gerak Kontrol Arm Robot 5 DOF (Degree of Freedom) dengan Android Smartphone diperlukan beberapa perangkat yang digunakan untuk menjalankan sistem gerak sebagai berikut:

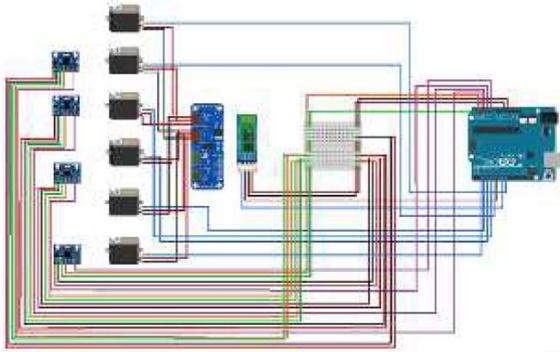


Gambar 2 perancangan sistem gerak

Pada Gambar 2 Menjelaskan konsep alur proses alat dan bahan dari proses awal sampai proses akhir. Selanjutnya yaitu hubungkan koneksi bluetooth dari handphone menuju modul Bluetooth HC05 sebagai receiver yang diperintah dari aplikasi menuju arduino (Nazruddin, 2012). Modul PCA9685 digunakan untuk mengontrol servo motor dengan jumlah penggunaan 6 servo motor.

### • Perancangan skematik rangkaian

Perancangan skematik rangkaian elektrikal berfungsi untuk menerjemahkan konsep perancangan alat dan bahan menjadi rangkaian elektrikal seperti pada Gambar 3 terdiri dari beberapa bagian yang menyusun suatu sistem berupa perangkat masukan (input), Perangkat pengendali (Controller) dan Komponen Pengeluaran (output).

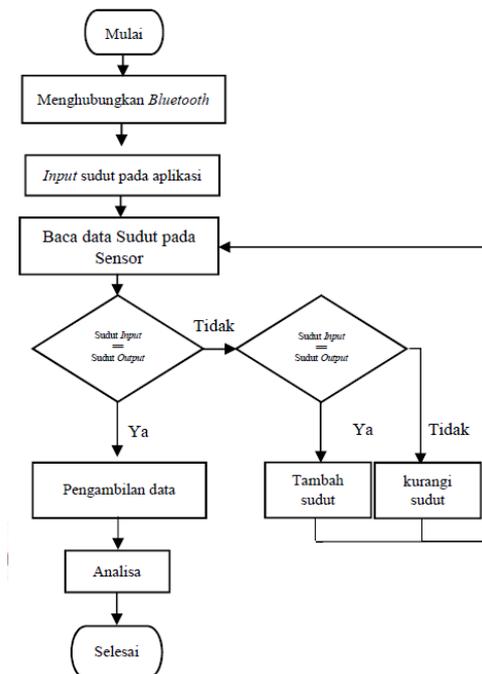


Gambar 3 perancangan skematik rangkaian

Pada Gambar 3 menggunakan tegangan 5 Volt adapter sebagai tegangan masukan untuk modul PCA9685. Perangkat masukan perangkat masukan (input) berasal dari aplikasi yang memasukan nilai sudut pada masing – masing servo motor, Perangkat Pengendali (Controller) berupa Arduino UNO, Modul PCA9685. Sedangkan komponen keluaran (output) berupa 6 pcs Servo motor MG995 dan 5 pcs MPU 6050.

- Perancangan perangkat lunak sistem gerak

Pada perancangan lunak sistem gerak terdapat beberapa penjelasan mengenai cara kerja sistem gerak berdasarkan fungsi masing–masing pada setiap alat dan bahan yang sudah dijalankan.



Gambar 4. Perancangan perangkat lunak sistem gerak

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan keseluruhan dan pengujian berupa pergerakan servo motor yang terintegrasi dengan Sensor MPU6050 dan mengitung waktu

yang dibutuhkan untuk masing–masing servo motor yang bergerak sesuai nilai input sudut dan output sudut dan nilai error pada setiap pergerakan servo motor.

- Robot tipe aktuator

Pada stuktur robot arm robot 5 DOF (Degree of Freedom) terdapat 5 derajat kebebasan sebagai masukan yang dapat menggerakkan servo motor (Rahmawan *et al.*, 2013). Komponen utama aktuator untuk menggerakkan yaitu dengan servo motor dengan torsi 11 kgcm.



Gambar 5 robot tipe aktuator

Pada gambar 5 sistem kontrol untuk menggerakkan arm robot 5 DOF ( Degree of Freedom) menggunakan sistem kontrol loop tertutup (close loop) dimana putaran sudut pada masing – masing servo motor akan terintegrasi dengan sensor mpu 6050 dengan memasukan nilai input sudut pada aplikasi android smartphone (Aditya, 2013).

Tabel 2 pengujian servo motor 1

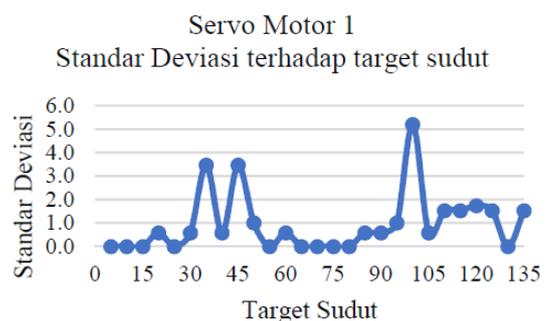
Target Sudut	Sudut Aktual servo motor			Rata - rata	Standar deviasi	Waktu (s)			Rata -rata
	1	2	3			1	2	3	
5	4	4	4	4	0.00	1.88	1.88	1.88	1.88
10	12	12	12	12	0.00	1.98	1.98	1.98	1.98
15	14	14	14	14	0.00	2.27	2.27	2.33	2.29
20	22	21	22	22	0.58	2.52	2.52	2.52	2.52
25	24	24	24	24	0.00	2.75	2.75	2.75	2.75
30	31	32	32	32	0.58	3.04	3.04	3.04	3.04
35	34	40	34	36	3.46	3.58	3.58	3.40	3.52
40	41	42	42	42	0.58	3.58	3.58	3.58	3.58
45	50	50	44	48	3.46	4.11	4.11	4.05	4.09
50	49	51	50	50	1.00	3.59	3.59	3.59	3.59
55	54	54	54	54	0.00	4.59	4.59	4.59	4.59
60	61	61	60	61	0.58	4.65	4.65	4.64	4.64
65	65	65	65	65	0.00	5.10	5.10	5.10	5.10
70	70	70	70	70	0.00	5.10	5.10	5.18	5.13
75	79	79	79	79	0.00	5.71	5.71	5.71	5.71

Tabel 2 Pengujian servo motor 1 (lanjutan..)

Target Sudut	Sudut Aktual servo motor			Rata - rata	Standar deviasi	Waktu (s)			Rata -rata
	1	2	3			1	2	3	
80	79	79	79	79	0.00	5.71	5.71	5.77	5.73
85	87	88	87	87	0.58	6.19	6.19	6.19	6.19
90	89	89	90	89	0.58	6.42	6.42	6.42	6.42
95	97	96	95	96	1.00	6.72	6.72	6.72	6.72
100	104	113	113	110	5.20	7.81	7.81	7.81	7.81
105	105	105	104	105	0.58	7.32	7.32	7.32	7.32
110	113	112	110	112	1.53	7.81	7.81	7.61	7.75
115	112	115	114	114	1.53	7.77	7.77	7.53	7.69
120	123	120	123	122	1.73	9.35	9.35	9.23	9.31
125	129	127	126	127	1.53	10.76	10.76	10.64	10.72
130	131	131	131	131	0.00	1.09	1.09	9.48	3.89
135	136	138	139	138	1.53	9.30	9.30	9.30	9.30

### • Hasil Pengujian Servo Motor 1

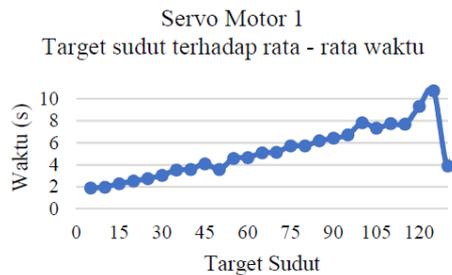
Proses pengambilan data dilakukan dengan cara memberikan nilai sudut input yang telah ditentukan dengan percobaan 3 kali pada masing-masing sudut dan mendata jumlah waktu yang digunakan dari sudut awal hingga sudut akhir. Berikut hasil pengambilan data yang dilakukan pada servo motor 1 sebanyak 3 kali dengan sudut. yang telah ditentukan minimal sudut  $0^\circ$  dan maksimal sudut  $135^\circ$



Gambar 6 Standar deviasi terhadap target sudut

Pada gambar 6 diperoleh bahwa nilai standar deviasi pada terget sudut 5, 10, 15, 25, 55, 55 sampai dengan 80 serta target sudut 130 memiliki standar daviiasi 0.0 artinya bahwa nilai semua sampel sama ( benar - benar sama atau identik), sedangkan sampel yang memiliki nilai standar daviasinya 0.58 sampai dengan 1.0 artinya

bahwa data sampel semakin homogen atau (hampir sama) sedangkan data yang standar deviasinya 3.46 sampai dengan 5.20 artinya data sampel yang digunakan semakin menyebar (data beragam atau bervariasi) dari rata-rata sampelnya. Standar deviasi pada servo motor 1 terbesar yaitu ada pada target sudut 100 dengan nilai 5.20 artinya data sampel beragam.



Gambar 7 Target sudut terhadap rata-rata waktu

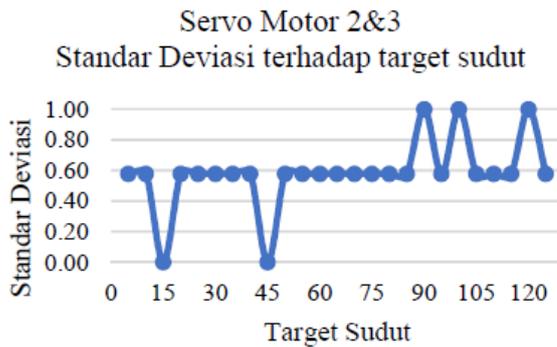
Pada gambar 7 diperoleh bahwa besarnya target sudut terhadap waktu memiliki data yang fluktuatif semakin besar target sudut yang ditentukan maka semakin lama pula waktu yang dibutuhkan hanya saja terjadi penurunan yang signifikan pada target sudut 50 dengan waktu 3.59 serta target sudut dari 120 ke 130 dengan waktu 3.89.

- Hasil pengujian servo motor 2&3

Berikut hasil pengambilan data yang dilakukan pada servo motor 2&3 sebanyak 3 kali dengan sudut yang telah ditentukan minimal sudut  $0^\circ$  dan maksimal sudut  $125^\circ$

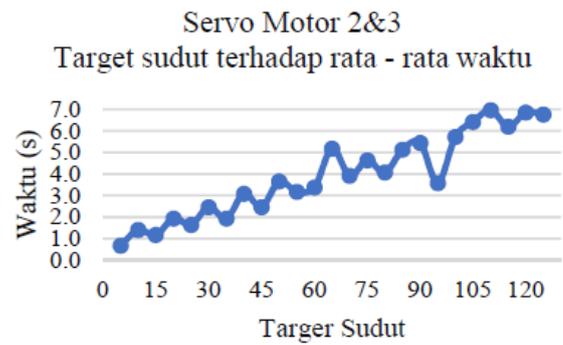
Tabel 3 pengujian servo motor 2&3

Target Sudut	Sudut Aktual servo motor			Rata - rata	Standar deviasi	Waktu (s)			Rata -rata
	1	2	3			1	2	3	
5	5	5	4	5	0.58	0.62	0.74	0.68	0.7
10	11	10	10	10	0.58	1.4	1.4	1.4	1.4
15	15	15	15	15	0.00	1.16	1.17	1.17	1.2
20	21	20	20	20	0.58	1.94	1.94	1.94	1.9
25	24	24	25	24	0.58	1.83	1.7	1.4	1.6
30	30	31	30	30	0.58	2.47	2.47	2.47	2.5
35	35	35	34	35	0.58	1.94	1.94	1.94	1.9
40	41	40	40	40	0.58	3.19	3	3.06	3.08
45	45	45	45	45	0.00	2.47	2.47	2.47	2.47
50	51	50	51	48	0.58	3.72	3.6	3.66	3.66
55	55	55	56	55	0.58	3.54	3	3	3.18
60	59	59	60	59	0.58	3.48	3.42	3.24	3.38
65	66	65	65	65	0.58	5.34	5.14	5.07	5.18
70	69	69	70	69	0.58	3.89	3.89	3.99	3.93
75	74	75	75	75	0.58	4.6	4.65	4.66	4.64
80	80	80	79	80	0.58	4.07	4.07	4.07	4.07
85	85	85	84	85	0.58	5.14	5.14	5.13	5.14
90	91	89	90	90	1.00	5.91	5.02	5.41	5.45
95	95	95	94	95	0.58	3.56	3.65	3.55	3.59
100	101	100	99	100	1.00	5.55	5.5	6.14	5.73
105	105	104	105	105	0.58	5.72	7.73	5.83	6.43
110	110	111	110	110	0.58	6.76	7.12	7.01	6.96
115	114	115	115	115	0.58	6.14	6.23	6.24	6.21
120	119	121	120	120	1.00	6.63	7.25	6.68	6.85
125	125	125	126	125	0.58	6.7	6.66	6.96	6.77



Gambar 8 Standar deviasi terhadap target sudut

Pada gambar 8 diperoleh bahwa nilai standar deviasi pada terget sudut 15, memiliki standar daviasi 0.0 artinya bahwa nilai semua sampel sama ( benar-benar sama atau identik), sedangkan sampel yang memiliki nilai standar daviasinya 0.58 artinya bahwa data sampel semakin homogen atau (hampir sama) sedangkan data yang standar daviasinya 1.0 artinya data sampel yang digunakan semakin menyebar (data beragam atau bervariasi) dari rata-rata sampelnya. Standar deviasi pada servo motor 2&3 terbesar yaitu ada pada terget sudut 90, 100 dan 120 dengan nilai 1.0 artinya data sampel beragam.



Gambar 9 Target sudut terhadap rata – rata waktu

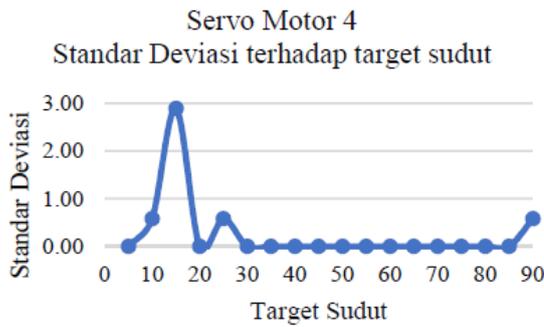
Pada gambar 9 diperoleh bahwa target sudut terhadap watu mengalami kenaikan dan penurunan yang signifikan. Penurunan waktu yang paling signifikan terjadi pada target sudut 90 ke 95 dengan waktu 3.59.

#### • Hasil pengujian servo motor 4

Berikut hasil pengambilan data yang dilakukan pada servo motor 4 sebanyak 3 kali dengan sudut yang telah ditentukan minimal 0° dan maksimal 90.

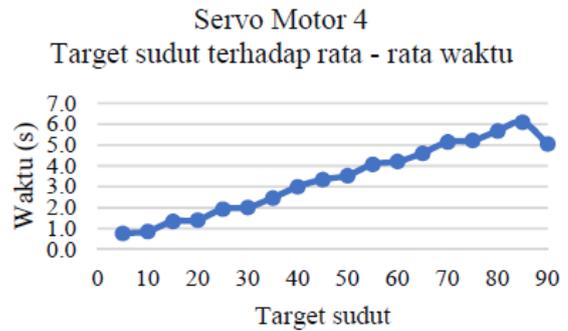
Tabel 4 pengujian servo motor 4

Target Sudut	Sudut Aktual servo motor			Rata - rata	Standar deviasi	Waktu (s)			Rata - rata
	1	2	3			1	2	3	
5	4	4	4	4	0.00	0.8	0.68	0.85	0.78
10	13	12	12	12	0.58	0.87	0.87	0.87	0.87
15	19	19	14	17	2.89	1.4	1.4	1.22	1.34
20	20	20	20	20	0.00	1.4	1.4	1.4	1.40
25	27	28	28	28	0.58	1.94	1.94	1.94	1.94
30	29	29	29	29	0.00	2	2	2.06	2.02
35	36	36	36	36	0.00	2.47	2.47	2.47	2.47
40	42	42	42	42	0.00	3.01	3.01	3.01	3.01
45	44	44	44	44	0.00	3.31	3.37	3.37	3.35
50	50	50	50	50	0.00	3.54	3.54	3.54	3.54
55	58	58	58	58	0.00	4.08	4.08	4.08	4.08
60	59	59	59	59	0.00	4.25	4.2	4.19	4.21
65	66	66	66	66	0.00	4.61	4.61	4.61	4.61
70	74	74	74	74	0.00	5.14	5.14	5.14	5.14
75	74	74	74	74	0.00	5.38	5.14	5.14	5.22
80	82	82	82	82	0.00	5.68	5.68	5.68	5.68
85	84	84	84	84	0.00	6.09	6.09	6.09	6.09
90	90	89	89	89	0.58	7.26	3.96	3.96	5.06



Gambar 10 Standar deviasi terhadap target sudut

Pada gambar 10 diperoleh bahwa nilai standar deviasi pada terget sudut 5, 25, 30 sampai dengan 85 memiliki standar daviiasi 0.00 artinya bahwa nilai semua sampel sama ( benar-benar sama atau identik), sedangkan sampel yang memiliki nilai standar daviiasinya 0.58 artinya bahwa data sampel semakin homogen atau (hampir sama) sedangkan data yang standar daviiasinya 2.89 artinya data sampel yang digunakan semakin menyebar (data beragam atau bervariasi) dari rata-rata sampelnya. Standar deviasi pada servo motor 4 terbesar yaitu ada pada terget sudut 15 dengan nilai 2.89 artinya data sampel beragam.



Gambar 11 Target sudut terhadap rata – rata waktu

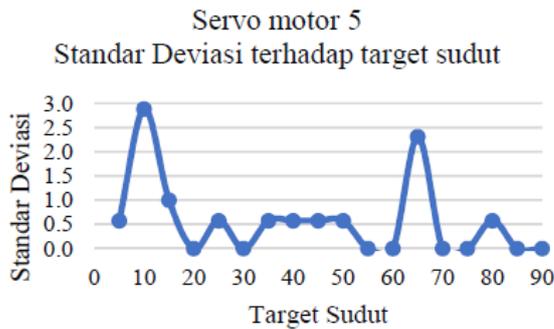
Pada gambar 11 diperoleh bahwa besarnya target sudut terhadap waktu memiliki data yang fluktuatif semakin besar target sudut yang ditentukan maka semakin lama pula waktu yang dibutuhkan hanya saja terjadi penurunan yang signifikan pada target sudut dari 85 ke 90 dengan waktu 5.06.

- Hasil pengujian servo motor 5

Berikut hasil pengambilan data yang dilakukan pada servo motor 5 sebanyak 3 kali dengan sudut yang telah ditentukan minimal 0° dan maksimal 90°.

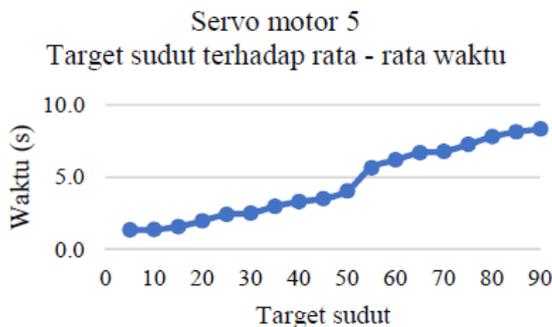
Tabel 5 Pengujian servo motor 5

Target Sudut	Sudut Aktual servo motor			Rata - rata	Waktu (s)			Rata -rata	Standar deviasi
	1	2	3		1	2	3		
5	6	6	7	6	1.37	1.37	1.37	1.37	0.6
10	9	9	14	11	0.87	1.39	1.92	1.39	2.9
15	18	20	19	19	0.93	1.93	1.93	1.59	1.0
20	19	19	19	19	2.11	1.93	1.93	1.99	0.0
25	28	27	28	28	2.46	2.41	2.46	2.44	0.6
30	28	28	28	28	2.41	2.46	2.70	2.52	0.0
35	36	37	37	37	2.99	3.00	2.99	2.99	0.6
40	39	39	38	39	3.47	3.29	3.19	3.32	0.6
45	44	45	44	44	3.53	3.53	3.53	3.53	0.6
50	50	51	51	51	4.06	4.06	4.06	4.06	0.6
55	56	56	56	56	5.66	5.66	5.66	5.66	0.0
60	62	62	62	62	6.20	6.20	6.20	6.20	0.0
65	64	64	68	65	6.67	6.67	6.73	6.69	2.3
70	69	69	69	69	6.79	6.79	6.79	6.79	0.0
75	76	76	76	76	7.26	7.26	7.26	7.26	0.0
80	83	82	83	83	7.80	7.80	7.80	7.80	0.6
85	84	84	84	84	8.15	8.15	8.09	8.13	0.0
90	90	90	90	90	8.33	8.33	8.33	8.33	0.0



Gambar 12 Standar deviasi terhadap target sudut

Pada gambar 12 diperoleh bahwa nilai standar deviasi pada target sudut 20, 30, 55, 60, 70, 75, 85, dan 90 standar deviasi 0.00 artinya bahwa nilai semua sampel sama ( benar – benar sama atau identik), sedangkan sampel yang memiliki nilai standar deviasinya 0.6 sampai dengan 1.0 artinya bahwa data sampel semakin homogen atau (hampir sama) sedangkan data yang standar deviasinya 2.3 samapi dengan 2.9 artinya data sampel yang digunakan semakin menyebar (data beragam atau bervariasi) dari rata-rata sampelnya. Standar deviasi pada servo motor 5 terbesar yaitu ada pada target sudut 10 dengan nilai 2.9 artinya data sampel beragam.



Gambar 13 Target sudut terhadap rata – rata waktu

Pada gambar 13 diperoleh bahwa besarnya target sudut terhadap waktu memiliki data yang fluktuatif semakin besar target sudut yang di tentukan maka semakin lama pula waktu yang di butuhkan.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil dari perancangan sistem kontrol arm robot 5 DOF (Degree of Freedom) dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini telah berhasil menggerakkan arm robot 5 DOF (Degree of Freedom) pada aplikasi smartphone android dengan koneksi bluetooth.

2. Nilai output pada pergerakan servo motor sesuai dengan nilai input pada aplikasi smartphone android yang telah ditentukan.
3. Pada penelitian dengan metode loop tertutup (Close Loop) ini diperoleh hasil pengujian diperoleh nilai standar deviasi menunjukkan seberapa besar keragamansampel. Semakin besar nilai standar deviasimaka data sampel semakin menyebar (databeragam atau bervariasi), sebaiknya jikasemakin kecil maka data semakin homogen(hampir sama), sedangkan jika standardeviasinya 0 maka sampel memiliki datayang sama (identik). Nilai standar deviasiterbesar pada servo motor 1 sebesar 5.20,servo motor 2&3 sebesar 1.00,servo motor4 sebesar 2.89 dan servo motor 5 sebesar2.9.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, M., Wildan, B., Helmi, A. P., Isep, S., dan Samuel, B. (2013). Kontrol Lengan Robot 4 Servo Menggunakan Aplikasi Via Bluetooth. *Semarang: Prodi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang.*
- Firman, B. (2017). Implementasi Sensor IMU MPU6050 Berbasis Serial I2C Pada Self – Balancing Robot. *Yogyakarta: Teknik Elektro, Institut Sains dan teknologi.*
- Nazruddin, S. H. (2014). Pemograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC berbasis Android. *Bandung: Informatika Bandung.*
- Rahmawan, A.. dan Munadi, D. (2013). Optimasi Gripper Dua lengan dengan menggunakan Metode Genetic Algorithm pada simulator Arm Robot 5 DOF (Degree of Freedom). *Semarang: Jurnal Teknik Mesin S-1 Vol.1, No.2 Tahun 2013*
- Ruswanto, S., Ningrum, E.S., dan Ramli, I. (2011). Pengaturan gerak dan keseimbangan robot line tracer dua roda menggunakan PID Controller. *In the 13th industrial electronics seminar 2011 (IES2011). Vol. 2011, pp.978-979. Surabaya : EEPIS.*