

# Implementasi PID Control Pada Manuver Robot Berkaki Dalam Pengambilan Objek

Ahmad Baharuddin, Totok Winarno, Achmad Komarudin

**Abstrak** — Berkembangnya teknologi elektronika yang semakin pesat, salah satunya pada bidang robotik. Robot berkaki merupakan sebuah pengembangan teknologi sederhana hingga teknologi yang kompleks. Pengembangan robot yang paling sederhana adalah pengembangan dalam bidang pendidikan. Salah satunya penerapan penggunaan robot berkaki untuk mengatasi masalah dalam lomba ABUROBOCON 2019. Dalam perlombaan ini, robot harus mampu bermanuver untuk melakukan pengambilan objek yang akan di transfer oleh salah satu robot. Pergerakan robot dibantu dengan dua belas motor servo Dynamixel AX-12A. Sensor Ultrasonik SRF04 digunakan untuk mendeteksi jarak dan kontrolernya menggunakan arduino. Metode yang digunakan dalam sistem ini adalah Kontrol PID, dengan menggunakan metode ini tujuannya adalah robot dapat bergerak stabil untuk mendekati objek dengan baik dan berhenti sesuai apa yang di olah oleh mikrokontroler dengan diperoleh *feedback* dari hasil pembacaan sensor ultrasonik SRF04. Setelah dilakukan beberapa percobaan grafik nilai osilasi didapatkan nilai  $K_p = 15$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 42$ . Dengan nilai konstanta yang diperoleh robot berkaki sudah bergerak sesuai dengan sistem yang telah direncanakan

**Kata kunci** : SRF04, KRAI, ABUROBOCON, kontrol PID, Arduino, robot berkaki, Dynamixel AX-12A

## I. PENDAHULUAN

Kemajuan dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi merupakan hal yang sangat berpengaruh dalam kehidupan manusia, karena dengan ilmu pengetahuan dan teknologi manusia dapat mendapatkan sesuatu dengan mudah, murah, cepat dan berkualitas dengan waktu yang cepat. Salah satu teknologi yang selalu berkembang pesat pada kehidupan manusia di bidang Elektronika, yaitu ditandai dengan adanya peralatan elektronik yang dapat dioperasikan secara otomatis. Dengan pengertian ini sangat erat hubungan antara robot dan otomatisasi sehingga dapat dipahami bahwa hampir setiap aktifitas kehidupan modern makin tergantung pada robot dan otomatisasi

Hal ini dapat dilihat dari adanya beragam jenis robot yang diciptakan, sehingga muncul beragam kontes robotika. Salah satu kontes robot bergengsi di ASIA adalah ABU - ROBOCON CONTEST 2019 dengan tema

“Great Urtuu”. Perlombaan robot ini di Indonesia biasa disebut dengan KRAI 2019 (Kontes Robot Aburobocon Indonesia 2019).

KRI atau Kontes Robot Indonesia sendiri adalah sebuah kontes robotika antar Perguruan Tinggi di Indonesia. Pemenang pada KRI akan mewakili Indonesia dalam ABU (Asia-Pacific Broadcasting Union) Robocon yang diadakan setiap tahun dengan tema yang berbeda dan lokasi berpindah-pindah dalam lingkup negara anggota ABU. Tujuannya jelas untuk meningkatkan ilmu dan wawasan tentang robotika yang nantinya diharapkan bisa membantu serta meringankan pekerjaan manusia khususnya di Indonesia. Pada perlombaan KRAI 2019 menggunakan dua robot yaitu robot manual dengan nama *Khangai* yang nantinya akan membawakan objek *Gerege* untuk diberikan pada robot otomatis dengan nama *Gobi*. Kemudian, robot otomatis akan berjalan sampai pada target yang telah ditentukan.

Pada penelitian kali ini robot yang dibuat adalah jenis robot pengambil objek gerege. Dalam perancangan ini, robot menggunakan 3 sensor jarak dan 12 buah motor servo. Dimana robot akan bermanuver mendekati objek yang telah di deteksi oleh sensor ultrasonik dan pergerakan robot tersebut akan di bantu dengan 12 buah motor servo yang dipasang untuk menggerakkan kaki belakang dan kaki depan dan 1 motor servo lagi untuk mencapai objek. Kecepatan robot pada saat bermanuver untuk melakukan pengambilan objek gerege dapat di kontrol dengan Arduino Uno. Dengan tujuan robot mampu bergerak stabil dengan minim *error* dengan menggunakan metode *control PID* dibandingkan dengan metode on-off.

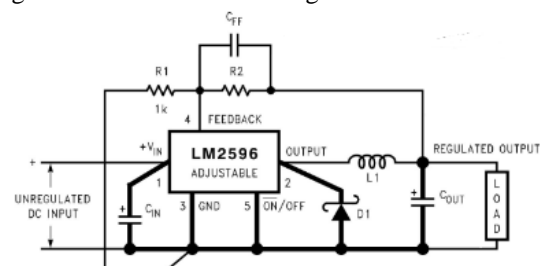
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Buck Converter

*Buck Converter* merupakan penurun tegangan yang mengkonversikan tegangan masukan DC menjadi tegangan DC lainnya yang lebih rendah. *Buck Konverter Step-Down* LM2596 adalah sirkuit terintegrasi monolitik yang menyediakan semua fungsi aktif untuk regulator *switching step-down (buck)*, yang mampu menggerakkan beban 3-A dengan pengaturan saluran dan beban yang sangat baik.

Gambar 1. Rangkaian Adjustable Step-Down LM2596

Regulator ini mudah digunakan dan termasuk



kompensasi frekuensi internal, dan osilator frekuensi tetap. Seri LM2596 beroperasi pada frekuensi *switching* 150 kHz, sehingga memungkinkan komponen filter berukuran lebih kecil dari yang diperlukan dengan regulator *switching* frekuensi yang lebih rendah.

2.2 Sensor Ultrasonik SRF04

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dalam bentuk gelombang ultrasonik. Ketika gelombang ultrasonik menumbuk suatu penghalang maka sebagian gelombang tersebut akan dipantulkan sebagian diserap dan sebagian yang lain akan diteruskan. Rangkaian penyusun sensor ultrasonik ini terdiri dari *transmitter*, *receiver*, dan komparator.



Gambar 2. Sensor Ultrasonik

Sensor SRF04 merupakan sensor jarak yang presisi, dapat melakukan pengukuran dengan jarak 3 cm sampai 300 menggunakan pin *input* dan pin *output* yang dihubungkan dengan mikrokontroler.

2.3 Arduino

Arduino sebagai sebuah platform elektronik terbuka (*open source*), berbasis pada *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk para seniman, desainer, hobbies, dan setiap orang yang tertarik dalam membuat obyek atau lingkungan yang interaktif.



Gambar 3. Arduino Uno R3

Arduino adalah sebuah board mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino mempunyai 14 pin input/output dimana 6 pin digunakan sebagai *output* PWM, 6 analog *input*, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu mensupport mikrokontroler; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB.

2.4 OpenCM9.04

*OpenCM9.04* adalah kontroler robot dari ROBOTIS yang bersifat *open source*, baik secara *hardware* maupun *software*. Secara *hardware* kontroler ini didukung dengan mikrokontroler ARM Cortex-M3 STM32F103CD dengan 128 KB *flash* dan 20 KB dari SRAM dengan *board* yang memiliki

26 GPIO dengan *input* analog 10, USB, BISA, SPI, I2C dan serial port. Kontroler ini juga dilengkapi dengan model *pin head* yang kompatibel dengan sensor dan servo dari ROBOTIS. Sedangkan dari segi *software* kontroler ini menggunakan *software OpenCM* untuk mendownload programnya. Selain itu *software OpenCM* juga sudah dilengkapi *library* untuk mengakses servo Dynamixel dan sensor dari ROBOTIS.



[OpenCM9.04 A-Type] [OpenCM9.04 B-Type] [OpenCM9.04 C-Type]

Gambar 4. OpenCM9.04

2.5 Servo Dynamixel AX-12A

*Dynamixel AX12A* adalah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang terintegrasi dalam motor tersebut. Posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor akan di *feedback*-kan ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan sinyal PWM 10 bit dengan *range* 0-1023 yang dikirimkan dari program melalui kabel data pada motor servo.



[AX-12/12+] [AX-12A]

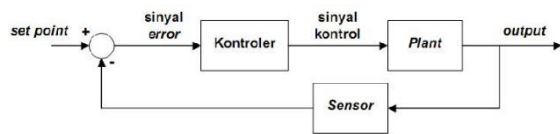
Gambar 5. Servo Dynamixel AX12+ dan AX12A

Dynamixel mempunyai beberapa kelebihan yang tidak dimiliki servo lain, kelebihan tersebut antara lain:

1. Posisi dan kecepatan dapat dikontrol dengan resolusi sebesar 1024.
2. *Range* sudut pergerakan servo dapat diatur/diset.
3. Mampu memberikan *feedback* atau informasi berupa kecepatan, suhu, tegangan, torsi dan posisi servo.
4. Mengimplementasikan sebuah alarm yang akan memberi informasi pengguna saat servo bergerak diluar parameter yang diberikan pengguna.
5. Komunikasi berbasis serial *half duplex* dengan kecepatan mencapai 1Mbps
6. Led indikator.

2.6 Kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*)

PID merupakan sistem kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan adanya umpan balik pada sistem tersebut. Secara umum sistem umpan balik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 6. Sistem Umpan Balik

Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi nilai dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan. Adapun persamaan pengontrolan PID adalah :

$$mv(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots$$

Tabel 1. Tanggapan Sistem Kontrol PID terhadap Perubahan Parameter [7]

Tanggapan Loop Tertutup	Waktu Naik	Over Shoot	Waktu Turun	Kesalahan Keadaan Tunak
Proportional ( $K_p$ )	Menurunkan	Meningkatkan	Perubahan Kecil	Menurun
Integral ( $K_i$ )	Menurunkan	Meningkatkan	Meningkatkan	Hilang
Derivative ( $K_d$ )	Perubahan Kecil	Menurunkan	Menurunkan	Perubahan Kecil

2.5 LCD (Liquid Cristal Display)

LCD adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menampilkan huruf, angka, symbol-simbol ataupun karakter-karakter tertentu. Tipe LCD yang digunakan adalah LCD 16 x 2 (16 kolom 2 baris).



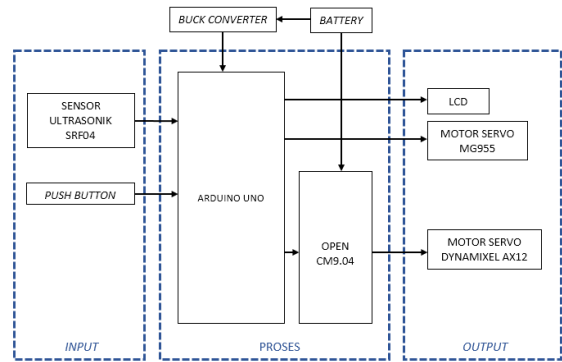
Gambar 7. Modul Display LCD Line 16x2

Dalam robotik, LCD digunakan sebagai alat penampil pembacaan sensor pada robot. Tampilan karakter pada LCD, diatur oleh pin EN, RS, dan RW.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Blok Sistem

Diagram *mobile* robot berkaki pengambil objek menggunakan beberapa komponen-komponen elektronik, berikut diagram blok alat :



Gambar 8. Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja dari robot ini adalah untuk melakukan pengambilan objek yang telah dibawa oleh robot manual yang bernama Khangai dari posisi *start*, dan kemudian diberikan ke robot gobi diposisi transfer.

Jika robot manual sudah berada pada posisi transfer, sensor ultrasonik yang terpasang pada badan robot gobi akan membaca jarak objek yang kemudian diteruskan ke arduino. Hasil pembacaan tersebut menghasilkan nilai *error*, nilai *error* akan diakumulasi menggunakan metode PID, hasil dari akumulasi tersebut akan diteruskan pada *opencm9.04* yang akan menggerakkan motor servo dynamixel dengan *position speed* yang bervariasi sesuai akumulasi metode PID di setiap siku kaki. Dengan manuver pergerakannya ditentukan oleh hasil pembacaan sensor ultrasonik itu sendiri.

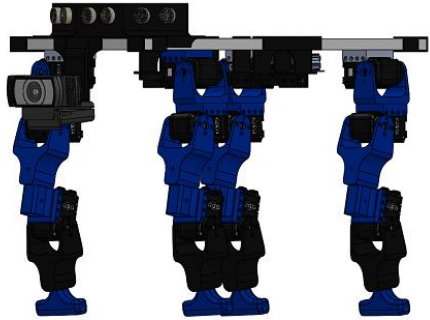
Jarak yang terdeteksi tadi akan menentukan seberapa cepat manuver yang akan dilakukan oleh robot untuk memposisikan diri mendekati objek untuk melakukan pengambilan. Pada saat sensor ultrasonik menangkap jarak objek terlalu jauh, maka robot gobi akan bermanuver cepat, sebaliknya jika hasil pembacaan sensor menangkap jarak objek dekat maka manuver robot akan pelan untuk melakukan pengambilan objek. Selanjutnya pergerakan pada robot akan menggunakan PID sebagai metode kontrol yang bertujuan untuk menjaga manuver pada robot tetap stabil. Untuk memudahkan dalam pengaturan robot ada LCD 16x2 untuk menampilkan menu- menu yang ada dalam program sehingga pengguna dapat mengatur robot dengan mudah dan juga untuk menampilkan menu- menu yang ada dalam program sehingga pengguna dapat mengatur robot dengan mudah.

3.2 Perancangan Mekanik

Pada perancangan mekanik ini akan dibahas bentuk fisik *mobile* robot. Pada *mobile* robot ini memerlukan 12 buah motor servo *Dynamixel AX-12A* yang akan digunakan untuk *system* gerak robot dengan bantuan sensor ultrasonik sebagai indra pengelihat robot akan membantu *system* gerakan robot. Berikut adalah spesifikasi robot :

1. Dimensi
  - Panjang : 37 cm
  - Lebar : 18.5 cm
  - Tinggi : 30 cm
2. Berat : 2 kg
3. *Casis/base* : Aluminium, filament pla
4. Sensor : Sensor Ultrasonik SRF04
5. Processor : Arduino dan OpenCM9.04C
6. Actuator : Servo *Dynamixel AX-*
7. Display : LCD 16x2

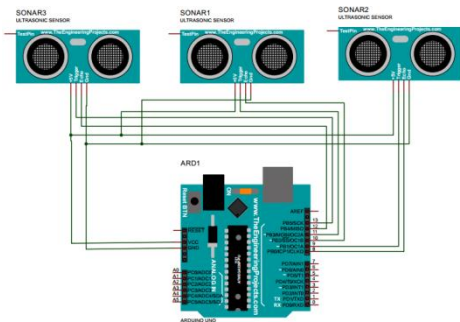
- 8. Tegangan Kerja
  - Arduino : 5V
  - 
  - Actuator : 12V
- 9. Sumber Daya : Baterai Lipo 3S 2200mAH



Gambar 9. Design Robot Berkaki

3.3 Perancangan Sensor Ultrasonik SRF04

Pada rangkaian sensor ultrasonik SRF04 menggunakan pin *echo* dan *trigger* untuk komunikasi data. Sensor ultrasonik SRF04 memiliki 4 kaki pin yaitu *Vcc*, *Echo*, *Trigger*, dan *Gnd*. Pada pin *echo* dan *trigger* dihubungkan melalui pin digital arduino untuk melakukan hasil pembacaan jarak.



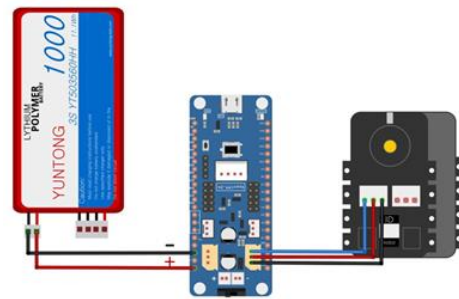
Gambar 10. Rangkaian Sensor Ultrasonik SRF04

Sensor Ultrasonik memancarkan suatu gelombang suara ultrasonik terus menerus oleh *transmitter* kemudian gelombang suara ultrasonik tersebut dipantulkan oleh suatu benda di depannya dan diterima oleh *receiver* kemudian selisih waktu antara memancarkan dan menerima gelombang dihitung dengan persamaan kecepatan yaitu :

$$kecepatan = \frac{jarak}{waktu} \dots \dots \dots (2)$$

3.4 Perancangan Rangkaian Servo Dynamixel AX-12A

Untuk rangkaian motor servo ini menggunakan *supply* 12V yang berasal dari *battery* Li-po. Terdapat 3 pin pada motor servo yaitu pin data untuk masukan sinyal, *Vcc*, dan *ground*. Dalam menggerakkan motor servo *Dynamixel AX-12A* perlu menggunakan komunikasi TTL serial *half duplex* yang hanya dapat menyalurkan 1 arah komunikasi saja, sehingga pengiriman dan penerimaan data dilakukan melalui satu jalur bergantian.



Gambar 11. Rangkaian Servo Dynamixel AX12A

3.5 Perancangan PID

Dalam perancangan sistem PID, pengaturan nilai P, I, dan D perlu dilakukan agar tanggapan sinyal keluaran pada sistem sesuai dengan yang diharapkan.

Konstanta *proportional* berfungsi sebagai penguat dari sinyal *error* dengan penerapan pada sistem adalah sebagai berikut.

$$P = error * kp; \dots \dots \dots (3)$$

Konstanta *integral* bertujuan untuk mengurangi *offset* yang ditimbulkan oleh kontrol *proportional*. Berikut penerapannya pada sistem.

$$\sum error = \sum error + error. \dots \dots \dots (4)$$

$$I = Ki * \sum error * \Delta error. \dots \dots \dots (5)$$

Konstanta *derivative* digunakan sebagai pengendali laju karena *output controller* sebanding dengan laju dari perubahan sinyal *error*. Berikut penerapannya pada *system*.

$$D = (error - lastError) * kD / \Delta error. \dots (6)$$

Sehingga penerapan rumus PID pada *system* adalah sebagai berikut :

$$PID = P + I + D \dots \dots \dots (7)$$

Dengan menggunakan nilai konstanta PID diharapkan sistem pada *position speed* motor servo *Dynamixel AX-12A* dapat bekerja dengan stabil.

IV. HASIL DAN ANALISA

1.1 Pengujian Sensor Ultrasonik SRF04

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang diperoleh dan akan dibandingkan dengan keadaan jarak sebenarnya. Data yang diperoleh merupakan data pembacaan sensor melalui program. Pada pengujian sensor ini menggunakan satuan *centimeter* (cm), dengan data yang diambil berupa kelipatan nilai dari 3cm sampai 300cm. Setelah data pembacaan sensor didapat, selanjutnya akan dibandingkan dengan pembacaan *real* melalui alat ukur penggaris. Dari data selisih pembacaan jarak maka akan didapat nilai *error*.

**Tabel 2.** Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik SRF04

Waktu Tempuh (μs)	Pembacaan Serial Monitor (cm)	Pembacaan Real (cm)	Ditampilkan pada LCD 16x2	Error (cm)	Error (%)
176,4	3 cm	3 cm	3 cm	0 cm	0%
294	5 cm	5 cm	5 cm	0 cm	0%
588	10 cm	10 cm	10 cm	0 cm	0%
882	15 cm	15 cm	15 cm	0 cm	0%
1176	20 cm	20 cm	20 cm	0 cm	0%
1470	25 cm	25 cm	25 cm	0 cm	0%
1764	30 cm	30 cm	30 cm	0 cm	0%
2058	35 cm	35 cm	35 cm	0 cm	0%
2352	40 cm	40 cm	40 cm	0 cm	0%
2646	45 cm	45 cm	45 cm	0 cm	0%
2940	50 cm	50 cm	50 cm	0 cm	0%

Berdasarkan Tabel2 sensor membaca jarak sesuai dengan hasil perhitungan perancangan elektronik dengan menggunakan persamaan :

$$jarak = \frac{waktu\ tempuh}{58,8\mu s} \dots\dots\dots (8)$$

Pada Tabel2 perhitungan nilai persentase nilai error menggunakan persamaan sebagai berikut :

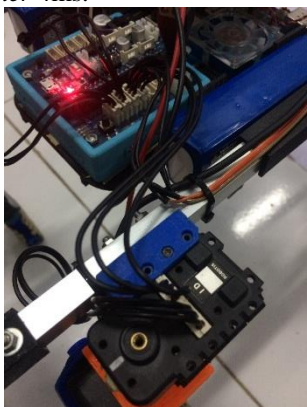
$$e\% = \frac{p-s}{p} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

keterangan :

- e% = persentase error pembacaan sensor ultrasonik SRF04
- p = jarak pembacaan sensor sebenarnya menggunakan penggaris
- s = jarak hasil pembacaan sensor melalui program

**1.2 Pengujian Servo Dynamixel AX12A**

Pengujian motor servo *Dynamixel AX-12A* dilakukan untuk mengetahui apakah motor servo dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan apa yang diinginkan. Servo ini berfungsi untuk menggerakan robot dalam bermanuver maju, belok kanan, dan kiri. Dalam pengujian ini motor servo akan digerakan dari CW dan CCW dengan bergantian menggunakan *timer* 4ms.

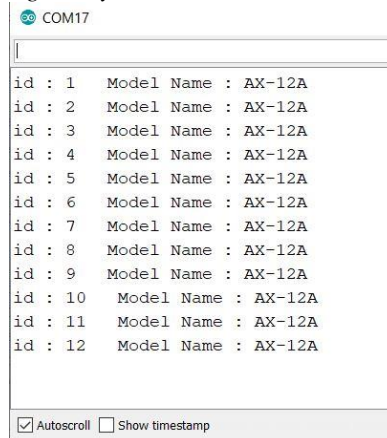


**Gambar 12.** Pengujian Servo *Dynamixel AX12A*

Pada pengujian yang telah dilakukan, servo akan bergerak CW dan CCW sesuai pada program yang telah dimasukkan pada *opencm9.04*. Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa motor servo sudah bekerja dengan baik dan pergerakan sudut servo sudah sesuai.

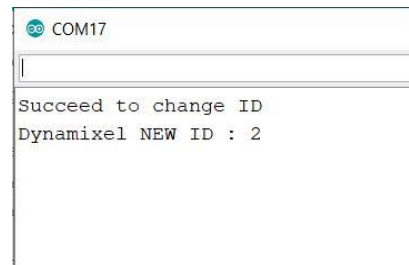
**1.3 Pengujian Multi Servo Dynamixel AX12A**

Sebelum melakukan pengujian multi servo harus dipastikan bahwa servo memiliki *ID* yang berbeda dan tidak boleh ada *ID* yang sama. Untuk mengetahui *ID* yang sudah ditentukan pada masing servo maka yang harus dilakukan adalah *scanning ID Dynamixel*.



**Gambar 13.** Pengujian *ID Scan*

Dari hasil pengujian *scan ID* pada servo terlihat bahwa servo *Dynamixel AX-12A* tidak terdapat adanya *ID* yang sama, namun jika dalam *scan* terdapat servo yang memiliki *ID* yang sama maka harus dilakukan perubahan pada *ID* yang sama tersebut.



**Gambar 14.** Pengujian Perubahan *ID* Servo *Dynamixel AX12A*

Setelah semua servo *Dynamixel AX-12A* dipastikan memiliki *ID* berbeda, maka servo dapat difungsikan sesuai kebutuhan pada robot untuk menggerakan kaki.

**Tabel 3.** Pengujian Multi Servo

ID Servo	Stand by Positioan	Goal Position	Delay Motion (ms)
1	207	512	100
2	762	612	250
3	592	632	250

**1.4 Pengujian Pengaruh Pembacaan Sensor Ultrasonik SRF04 terhadap Manuver Robot Berkaki**

*Setpoint* jarak pada sensor memiliki pengaruh masing-masing pada pergerakan robot. Saat sensor ultrasonik kanan membaca jarak objek lebih dekat dari sensor ultrasonik tengah maka robot akan bermanuver ke kanan sampai sensor tengah mendeteksi objek lebih dekat dari pada sensor samping, begitupun sebaliknya jika sensor ultrasonik kanan membaca objek lebih dekat maka robot akan bermanuver ke kiri. Saat sensor depan mendeteksi objek maka robot akan bermanuver maju dengan *position speed* servo *dynamixel* maksimum yaitu

33rpm. Berikut tabel pengaruh pembacaan sensor ultrasonik terhadap *position speed* servo *Dynamixel AX-12A*.

**Tabel 4.** Pengaruh Jarak Terhadap Pergerakan Robot

Pembacaan Jarak			Pergerakan Servo			Speed Position	Arah Gerak
Sensor Kiri	Sensor Tengah	Sensor Kanan	ID	Goal Position	Stand Position		
< 200 cm	Tengah>Kiri	>200	1	362	512	33 rpm	Belok Kiri
			2	647	762		
			3	632	592		
			4	362	512		
			5	647	762		
			6	632	592		
			7	662	512		
			8	762	762		
			9	592	592		
			10	662	512		
			11	762	762		
			12	592	592		
>200	Tengah>Kanan	<200	1	662	512	33 rpm	Belok Kanan
			2	647	762		
			3	632	592		
			4	662	512		
			5	647	762		
			6	632	592		
			7	362	512		
			8	762	762		
			9	592	592		
			10	362	512		
			11	762	762		
			12	592	592		
Kiri > Tengan	Tengah < Kiri && Tengah < Kanan	Kanan > Tengan	1	512	512	33 rpm	Maju
			2	647	762		
			3	632	592		
			4	512	512		
			5	647	762		
			6	632	592		
			7	512	512		
			8	647	762		
			9	632	592		
			10	512	512		
			11	647	762		
			12	632	592		

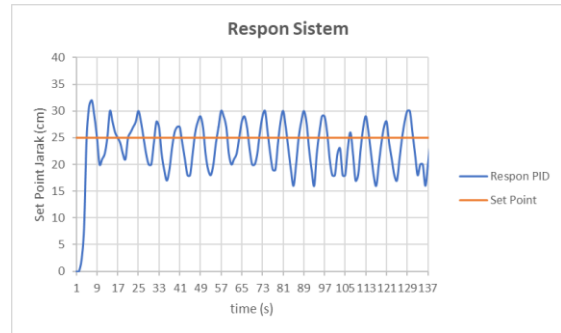
Pada uji pengaruh pembacaan sensor ultrasonik SRF04 terhadap gerakan robot menunjukkan robot sudah berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

**1.5 Pengujian Kontrol PID Terhadap Manuver Robot**

Pengujian kontrol PID dilakukan dengan tujuan agar pergerakan robot dapat stabil pada *setpoint* yang telah ditentukan sebelumnya yaitu robot dapat bermanuver dengan stabil mendekati objek dengan *position speed* yang telah ditentukan oleh nilai *setpoint*. Pada perancangan kontrol PID telah dilakukan *tuning* menggunakan metode *trial and error*.

Metode ini dilakukan dengan cara merubah nilai parameter *Kp*, *Ki*, atau *Kd* sampai menemukan respon sistem yang diinginkan.

- Pengujian dengan Nilai *Kp*=5, *Ki*=1, *Kd*=10



**Gambar 15.** Grafik Respon Pengujian Sistem dengan *Kp*=5, *Ki*=1, *Kd*=10

Pada grafik gambar 15 dengan nilai kontrol *Kp*=5, *Ki*=1, *Kd*=10 dapat dianalisa bahwa respon kontrol memiliki *maximum peak* (*Mp*) sebesar 32cm dengan *peak time* (*tp*) 8s, kemudia waktu *risetime* (*tr*) dapat diperoleh dengan rumus matematika dasar dengan menggunakan persamaan garis lurus melewati 2 titik.

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (10)$$

Nilai *x*<sub>1</sub>, *y*<sub>1</sub>, *x*<sub>2</sub>, dan *y*<sub>2</sub> dapat diperoleh pada grafik gambar 15, yaitu pada saat 1s dengan pembacaan sensor adalah 0 cm dengan nilai (*x*<sub>1</sub>, *y*<sub>1</sub>)=(1, 0) dan saat 7s dengan pembacaan jarak adalah 27 cm dengan nilai (*x*<sub>2</sub>, *y*<sub>2</sub>) = (7, 27).

$$\frac{y - 0}{27 - 0} = \frac{x - 1}{7 - 1}$$

$$\frac{y}{27} = \frac{x - 1}{6}$$

$$6y = 27x - 27$$

Berdasarkan dasar teori bahwa waktu *rise time* (*tr*) diperoleh dari 90% nilai *setpoint*, dengan besarnya nilai *setpoint* 25 cm maka diperoleh nilai *y* dengan persamaan sebagai berikut.

$$y = 90\% * \text{set point} \dots (11)$$

$$y = 90\% * 25 \text{ cm}$$

$$y = 22.5 \text{ cm}$$

Kemudian nilai *y* dimasukkan pada persamaan sebelumnya.

$$6y = 27x - 27$$

$$135 = 27x - 27$$

$$27x = 162$$

$$x = 6s$$

Nilai *x* adalah nilai *rise time* (*tr*), maka diperoleh nilai *tr* sebesar 6 s.

Besarnya nilai *Percent Overshoot* (*PO*) dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut.

$$PO = \frac{\text{maximum peak} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100\% \dots (12)$$

$$PO = \frac{32 - 25}{25} \times 100\%$$

$$PO = 28\%$$

Pada sistem ini *error steady state* dapat diketahui melalui perhitungan sebagai berikut.

$$ess = \frac{\text{steady state} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100\% \dots (13)$$

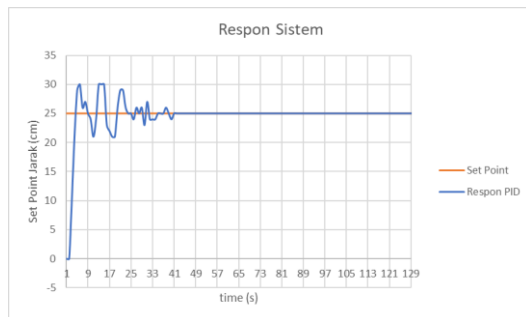
Namun pada grafik diatas belum mencapai keadaan *steady state*, maka belum ada nilai *error steady state*.

Dari grafik diatas nilai respon kontrol yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. *Rise time* (tr) = 6 s
2. *Peak time* (tp) = 8 s
3. *Percent overshoot* (PO) = 28%
4. *Settling time* = -
5. *Error steady state* = -
- 6.

Pada pengujian ini ketika diberikan nilai konstan  $K_p=5, K_i=1, K_d=10$ . Sistem tidak menuju setpoint yang seharusnya dengan respon yang jelek.

- Pengujian dengan Nilai  $K_p=15, K_i=1, K_d=34$

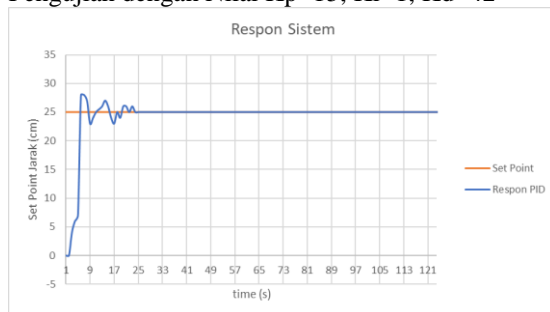


**Gambar 16.** Grafik Respon Pengujian Sistem dengan  $K_p=15, K_i=1, K_d=34$

Pada grafik gambar 16 nilai respon kontrol yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. *Rise time* (tr) = 10.3 s
2. *Peak time* (tp) = 7 s
3. *Percent overshoot* (PO) = 24%
4. *Settling time* = 32 s
5. *Error steady state* = 1%

- Pengujian dengan Nilai  $K_p=15, K_i=1, K_d=42$



**Gambar 17.** Grafik Respon Pengujian Sistem dengan  $K_p=15, K_i=1, K_d=42$

Pada grafik gambar 17 nilai respon kontrol yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. *Rise time* (tr) = 3,8 s
2. *Peak time* (tp) = 6 s
3. *Percent overshoot* (PO) = 8%

4. *Settling time* = 16 s
5. *Error steady state* = 1%

Dari hasil percobaan PID yang telah dilakukan dengan mengkombinasikan parameter-parameter  $K_p, K_i, K_d$  dapat disimpulkan bahwasanya kombinasi dari ke tiga parameter tersebut sangatlah memengaruhi kinerja dari sistem. Proses *tunning* yang tepat akan menghasilkan sistem yang stabil. Seperti dalam mencari parameter P, dimana fungsinya untuk mempercepat respon. Tentunya perlu nilai P yang besar agar respon semakin cepat, namun dampak negatifnya juga mengikuti, yaitu osilasi pada sistem akan mempengaruhi kestabilan sistem tersebut. Oleh karena itu perlu ditambahkan pula parameter D dimana osilasi sistem akan diredam. Dengan nilai yang tepat pula akan menghasilkan sistem yang stabil pula. Pada sistem ini menambahkan parameter I bersifat operasional. Dari fungsinya untuk mempercepat hilangnya *offset*. Untuk pemberian nilai *integral* bergantung dari kestabilan robot ketika hanya diberikan nilai *proportional* dan *derivative*. Dari hasil *tunning* yang menuju stabil yaitu pada *trial 3* dengan nilai  $K_p = 15, K_i=1, K_d=42$ . Pada system ini robot dapat berjalan dengan baik untuk bermanuver dalam melakukan pengambilan objek.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya yaitu :

1. Sensor ultrasonik SRF04 sebagai penentu jarak robot dengan objek dapat bekerja dengan baik, sehingga data yang diolah oleh arduino uno dari hasil pembacaan sensor mampu menggerakkan robot berkaki hingga robot mampu mengambil objek.
2. Berdasarkan metode *tunning trial and error* didapatkan  $K_p=15, K_i=1, K_d=42$  hingga robot dapat bermanuver stabil dengan hasil perhitungan nilai kontrol PID yang diimplementasikan pada *delay motion* gerak servo di kaki robot.

### 5.2 Saran

Dari alat yang sudah dibuat tentunya masih banyak memiliki kekurangan, oleh karena itu diharapkan studi ini menjadi salah satu referensi untuk penelitian selanjutnya dan mampu dikembangkan menjadi alat yang bermanfaat di masa yang akan datang. Adapun saran-saran penulis pada penelitian selanjutnya yaitu :

1. Menggunakan kamera sebagai *object detecting* untuk memperbaiki gerak robot pada titik yang ditentukan. Misalnya sensor kamera Pixi CMUCam5.
2. Selain dengan PID sebagai *controller* pergerakan robot dapat diterapkan juga menggunakan metode kontrol lain seperti *Fuzzy Logic Control*.
3. Penggunaan mikrokontroler selain arduino uno sangat disarankan untuk mempercepat pemrosesan data seperti ARM, Raspberry Pi, atau Odroid XU4.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prasetya, Rachmad Nur. 2017. "Kontrol Jarak Base Robot Pelontor pada Abu Robocon 2017 dengan Metode PID". Skripsi. Politeknik Negeri Malang.
- [2] Hidayat, Suryo Mochamad. 2010. "Rancang Bangun *Buck Boost* Konverter". Skripsi. Universitas Indonesia.
- [3] Datasheet *Ultrasonic Range Finder SRF04*, <http://DevantechSRF04UltrasonicRanger/datasheet.pdf>,
- [4] Datasheet Arduino Genuine Mega2560, <http://arduino.cc/en/product/datasheetArduinoMega2560.doc>.
- [5] Datasheet OpenCM9.04, <http://supprot.robotis.com/en/product/controller/opencm9.04.htm>
- [6] Datasheet Dynamixel AX12A, [http://support.robotis.com/en/product/actuator/dynamixel/ax\\_series/dxl\\_ax\\_actuator.htm](http://support.robotis.com/en/product/actuator/dynamixel/ax_series/dxl_ax_actuator.htm)
- [7] Ogata Katsuhiko, 1997. *Modern Control Engineering Fifth Edition*.
- [8] Gravitech. liquid crystal display.2014. HANWEI ELETRONICS.sensor MQ-3 datasheet. 2014:1 - 2.
- [9] Datasheet LM2596, <http://datasheetcatalog.com/datasheetsLM2596.pdf>
- [10] Ferdiansyah Fendi. 2010. Teori Kontrol PID(*Proportional – Integral – Derivative*). ([http://ww.academia.edu/9928544/Teori\\_Kontrol\\_PID\\_Proportional\\_Integral\\_Derivative](http://ww.academia.edu/9928544/Teori_Kontrol_PID_Proportional_Integral_Derivative)).
- [11] Kamajaya, 2008. Fisika untuk kelas XI semester 1 sekolah Menengah Atas. Bandung : Grafindo Media Pratama, hal.1-38
- [12] Wirawan, Fatan. 2016. "Kontrol Jarak Objek Dorong (*Robot Eco*) pada Lengan Robot *Hybrid* dengan Metode PID". Skripsi. Politeknik Negeri Malang.
- [13] Akhrrudin, Nur. 2016. "*Prototipe* Robot Line Follower untuk Simulasi Taksi Wisata Otomatis Kota Medan Menggunakan Algoritma Fuzzy". Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.