

## RANCANG BANGUN ROBOT *LINE FOLLOWER* DIGITAL BERODA DENGAN PENGENDALIAN KECEPATAN BERBASIS PID (*PROPORTIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVE*)

Alfinur Hasanuddin<sup>1)</sup>, Dharma Aryani<sup>2)</sup>, Muhammad Adnan<sup>3)</sup>, Andi Satria Adiputra<sup>4)</sup>  
Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Ujung Pandang  
alfinet27@gmail.com

### Abstrak

*Line follower* merupakan jenis robot yang bergerak mengikuti suatu garis pandu yang telah ditentukan. Agar robot mampu bekerja secara stabil dan konsisten maka sistem kendali ditanamkan pada robot *line follower* tersebut. Prinsip kerja robot ini yaitu menggunakan metode pengendali PID. Komponen pengendali PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu *Proportional*, *Integratif* dan *Derivatif*. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap robot *line follower* tersebut. Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian parameter PID dengan memberikan kombinasi pengendali PID pada robot *line follower* yang pada kecepatan PWM motor yang berbeda. Untuk nilai PWM 150 maka kombinasi pengendali PID terbaik adalah  $KP=5$ ,  $KI=0$ , dan  $KD=0$ . Untuk nilai PWM 200 maka kombinasi pengendali PID terbaik adalah  $KP=5$ ,  $KI=1$ , dan  $KD=0$ . Dan pada kecepatan maksimum dengan PWM 255, maka kombinasi pengendali PID terbaik adalah  $KP=10$ ,  $KI=1$ , dan  $KD=0$ . Pengendali PI adalah jenis system kendali yang paling tepat untuk pengendalian kecepatan robot *line follower*.

**Keywords:** *robot line follower*, pengendali PID, tuning pengendali

### I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi semakin berkembang sangat pesat pada kehidupan manusia di era modern ini, khususnya pada bidang elektronika, disebabkan oleh kemajuan teknologi inilah maka berkembang suatu ilmu yang merupakan suatu pecahan dari ilmu elektronika yaitu bidang ilmu robotika. Robot dioperasikan dengan atau tanpa bantuan manusia atau dengan kata lain bahwa robot merupakan suatu perangkat otomatis.

Line Follower atau biasa juga disebut Line Tracer Robot merupakan jenis robot yang bergerak mengikuti suatu garis pandu yang telah ditentukan. Namun, sekian banyak robot yang dibuat masih ada robot yang belum mampu bekerja secara stabil dan konsisten karena disebabkan sistem kendali yang digunakan kurang tepat sehingga membuat laju robot lambat atau susah beradaptasi terhadap perubahan garis pandu.

Salah satu teknik pengendalian sistem yang baik adalah kendali PID. Kendali ini merupakan kendali yang mempunyai tiga komponen, yaitu Kontrol Proporsional ( $K_p$ ), Kontrol Integral ( $K_i$ ), dan Kontrol Derivatif ( $K_d$ ). Tujuan digunakannya sistem kendali pada kerja robot ini yaitu untuk membuat nilai keluaran dan nilai yang diinginkan (referensi) sedekat mungkin, dengan kata lain untuk menghasilkan galat/error sekecil mungkin sehingga laju dari robot dapat berjalan dengan cepat dan stabil.

### II. KAJIAN LITERATUR

Robot *line follower* telah banyak diaplikasikan dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, seperti implementasi robot *line follower* untuk menyiram tanaman secara otomatis, pengangkut barang otomatis dalam gudang, pengantar pesanan pada restoran, bahkan ada juga yang menggunakan *line follower* untuk memadamkan api secara otomatis.

Sebelumnya telah dikembangkan sebuah robot *line follower* digital. Robot *line follower* digital menggunakan IC Komparator dan mikrokontroler Arduino [1]. Robot tersebut menunjukkan robot bergerak dengan 2 sensor LDR, kemudian output dari sensor dibandingkan oleh IC Komparator LM393. Output dari IC Komparator LM393 di baca oleh pin Analog untuk menggerakkan robot melalui pin PWM pada Arduino berdasarkan logika yang ditanamkan. Namun ada beberapa kelemahan yang didapatkan setelah dilakukan pengujian pada robot, yaitu sensor LDR yang digunakan memiliki respon yang lambat sehingga membuat robot sering keluar dari garis pandu. Selain itu penggunaan mikrokontroler Arduino juga tidak efisien karena mikrokontroler Arduino membaca program bit per bit sehingga robot memiliki error yang cukup tinggi dikarenakan pembacaan program yang lambat. Selain itu, bentuk fisik dari mikrokontroler Arduino yang terlalu besar juga membuat mekanik robot tidak proporsional dan membuat robot tidak leluasa dalam bergerak. Tidak adanya sistem pengendalian yang ditanamkan juga menambah tingkat error pada robot karena hanya mengacu pada logika komparator sederhana [2]

Selain robot line follower digital menggunakan IC Komparator dan mikrokontroler Arduino, ada juga robot line follower digital yang pernah dibuat berbasis Mikrokontroler ATmega16 tanpa menggunakan sistem kendali [3]. Robot itu hanya mengacu pada logika yang ditanamkan pada mikrokontroler oleh pembuatnya. Logika yang ditanamkan menggunakan perbandingan nilai pembacaan sensor yang satu dengan pembacaan sensor yang lain, dengan nilai error yang berbeda. Lalu setiap kondisi dari pembacaan sensor tersebut digunakan untuk menggerakkan motor sesuai dengan program yang ditanamkan oleh pembuat robot. Namun, robot tanpa sistem kendali seperti ini memiliki banyak kelemahan, yaitu penanaman logika dituliskan satu per satu, perbandingan kecepatan motor antara kondisi satu dengan kondisi yang lain dituliskan secara manual atau dengan kata lain dituliskan dengan memperkirakan nilai kecepatan motor [4].

Karena nilai kecepatan motor ditulis secara manual, maka kondisi kecepatan motor tidak dapat diubah-ubah. Apabila kecepatan motor diubah, maka akan mempengaruhi kondisi-kondisi yang lain karena perbandingan kecepatan antara kondisi pembacaan sensor satu dengan yang lain bergantung pada kecepatan motor yang ditanamkan pada mikrokontroler. Selain itu, memerlukan memori flash yang banyak karena tidak adanya operasi matematis sehingga banyak kondisi nilai yang harus ditanamkan pada mikrokontroler. Dan apabila nilai kecepatan motor ingin diubah maka harus mengubah semua kondisi perbandingan nilai kecepatan motor berdasarkan pembacaan sensor.

Berdasarkan keterbatasan yang dimiliki oleh beberapa penelitian diatas dirancangnya sebuah robot line follower digital beroda dengan menggunakan sistem kendali kecepatan. Terdapat empat macam metode pengendalian atau pengendalian yang umum dijumpai. Keempat metode pengendalian tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda.

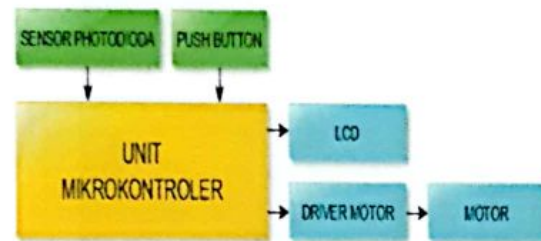
Meskipun PID membawa kelemahan karena karakteristiknya yang saling mempengaruhi antara parameter Proporsional, Integral dan Diferensialnya. Namun karena sederhana akan lebih memudahkan dalam aplikasi sekaligus menjamin kehandalannya. Kelemahan ini bisa diperbaiki dengan penanaman logika pada mikrokontroler unit. Sehingga sistem pengendalian dapat lebih stabil. Maka dari itu, metode pengendalian PID lebih tepat diaplikasikan pada perancangan robot line follower digital.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Perancangan Sistem Perangkat Keras (Hardware)

Perancangan sistem perangkat keras (Hardware) dapat dilihat pada diagram blok. Diagram blok ini bertujuan sebagai acuan pembuatan perangkat keras. Dalam

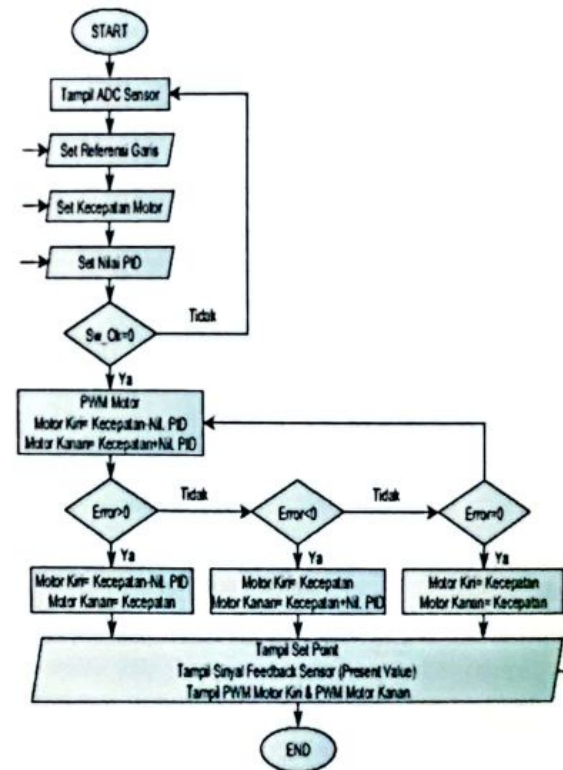
perancangan ini, dibentuk sebuah diagram blok yang dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 1. Diagram Blok Perancangan Hardware

#### B. Perancangan Sistem Perangkat Lunak (Software)

Tahap perancangan software terdiri dari perancangan flowchart dan pembuatan kode program. Pembuatan kode program untuk rangkaian kontrol menggunakan Mikrokontroler ATmega16. Rancangan flowchart dalam sistem robot line follower digital beroda diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart sistem kontrol robot line follower beroda

#### C. Prinsip Kerja Alat

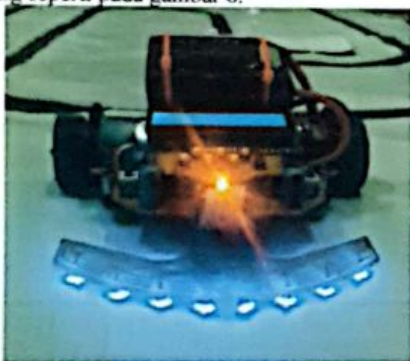
Robot line follower digital terbagi atas 3 bagian utama yaitu sensor, sistem minimum, dan driver motor. Sensor

berfungsi sebagai pembaca garis pandu. Sinyal data yang dikirim sensor akan dibaca oleh pin analog dari mikrokontroler. Selanjutnya, sinyal analog tersebut akan dikonversi menjadi sinyal digital sehingga data dari sensor dapat di proses oleh mikrokontroler pada sistem minimum. Data sensor yang masuk ke sistem minimum akan dilakukan kalibrasi untuk mengetahui garis pandu yang akan diikuti oleh robot. Pada mikrokontroler dianamkan suatu sistem kendali PID untuk mengontrol kecepatan pada motor. Nilai dari kecepatan akan diakumulasikan dengan nilai PID untuk mendapatkan kecepatan yang sesuai pada masing – masing motor. Apabila robot memiliki error di atas nol atau dibawah nol maka kecepatan pada motor akan diakumulasikan untuk mendekati error sama dengan nol. Apabila error pada robot sama dengan nol maka robot akan melaju dengan kecepatan maksimal sesuai dengan kode program dan sistem kendali PID yang ditanamkan pada Mikrokontroler ATmega16. Selanjutnya sistem minimum pada robot akan mengontrol driver untuk menggerakkan roda pada line follower beroda.

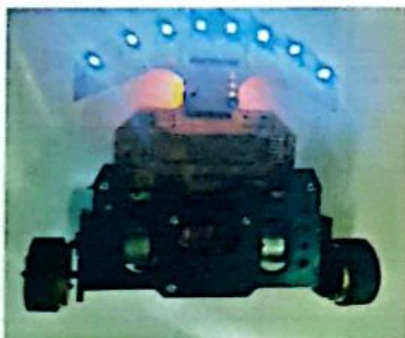
#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Hasil Perancangan

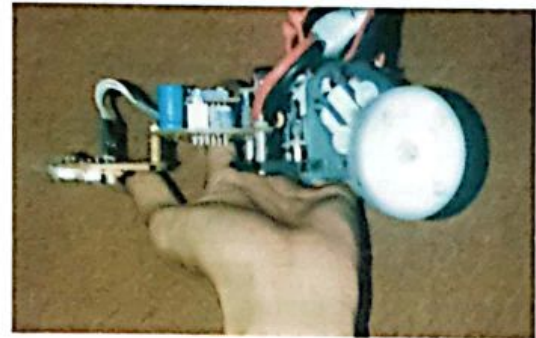
Hasil perancangan dan perakitan robot *line follower* ditunjukkan pada gambar 3 hingga gambar 5. Robot ini diuji dengan untuk melewati jalur *line* yang telah dirancang seperti pada gambar 6.



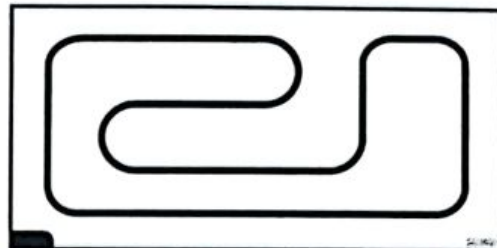
Gambar 3. Tampak depan robot



Gambar 4. Tampak bawah robot



Gambar 5. Tampak samping robot



Gambar 6. Desain Garis Pandu *line follower* dengan pengendali PID

##### Deskripsi Robot

Robot *line follower* digital beroda dengan pengendali PID dibuat dengan spesifikasi :

- Dimensi robot yaitu 15,7 cm x 17 cm x 7 cm ( $p \times l \times t$ )
- Tegangan sumber diambil dari baterai *Lipo 3S 12V*
- Menggunakan *photodiode* dan *LED* sebagai sensor pembaca garis
- Menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai IC pemrograman
- Menggunakan driver motor L298N
- Menggunakan motor DC 12V

##### B. Pengujian dan Analisis kendali PID pada robot *line follower* digital beroda

Pengujian robot *line follower* digital beroda dengan pengendali PID dilakukan dengan mengukur kecepatan masing – masing motor pada saat robot berjalan di garis pandu. Perancangan robot *line follower* beroda menggunakan pengendali PID dimulai dari pembuatan sensor, sistem minimum, dan driver motor. Sensor pada robot *line follower* digunakan untuk mendeteksi garis pandu yang akan dilalui. Sehingga dalam pembuatan sensor, terlebih dahulu harus mengetahui lebar garis pandu yang akan digunakan untuk menentukan jarak antara masing – masing sensor agar mempermudah pemetaan nilai sensor untuk menentukan tingkatan nilai *error*. Proses pemberian bobot sensor dapat dilakukan dengan

proses pemetaan nilai sensor (*mapping*). Pembacaan sensor terhadap garis, berikut proses *mapping* sensor :

Tabel 1. Mapping Sensor untuk motor kanan

SET POINT	PRESENT VALUE
01111111	-7
00111111	-6
10111111	-5
10011111	-4
11011111	-3
11001111	-2
11101111	-1
11100111	0

Tabel 2. Mapping sensor untuk motor kiri

SET POINT	PRESENT VALUE
11100111	0
11110111	1
11110011	2
11111011	3
11111001	4
11111101	5
11111100	6
11111110	7

Kondisi ideal atau kecepatan maksimal robot seharusnya terjadi saat kondisi robot pada PV= 0 dengan mengakumulasi kecepatan robot dan parameter PID yang ditanamkan. Hasil pengujian perbandingan kecepatan dari robot *line follower* digital beroda dengan pengendali PID dapat dilihat pada tabel 3 , tabel 4 , dan tabel 5.

Tabel 3. Pengujian Pada Kecepatan 150

P W M	K P	K I	K D	PWM MOTOR KIRI DAN MOTOR KANAN			
				PV= -7  7	PV= -6  6	PV= -5  5	PV= -4  4
150	5	0	0	80	90	100	110
	10	0	0	10	30	50	70
	15	0	0	0	0	0	30
	5	1	0	52	66	80	94
	10	1	0	0	6	30	54
	15	1	0	0	0	0	14
	5	3	0	0	18	40	62
	10	3	0	0	0	0	22
	5	0	1	80	90	100	110
	10	0	1	10	30	50	70
	15	0	1	0	0	0	30
	5	0	3	80	90	100	110
	10	0	3	10	30	50	70
	15	0	3	0	0	0	30

5	1	1	52	66	80	94
10	1	1	0	6	30	54
15	1	1	0	0	0	14
5	3	3	0	18	40	62
10	3	3	0	0	0	22

Tabel 4. Pengujian Pada Kecepatan 200

P W M	K P	K I	K D	PWM MOTOR KIRI DAN MOTOR KANAN			
				PV= -7  7	PV= -6  6	PV= -5  5	PV= -4  4
200	5	0	0	130	140	150	160
	10	0	0	60	80	100	120
	15	0	0	0	20	50	80
	20	0	0	0	0	0	40
	5	1	0	102	116	130	144
	10	1	0	32	56	80	104
	15	1	0	0	0	30	64
	20	1	0	0	0	0	24
	5	3	0	46	68	90	112
	10	3	0	0	8	40	72
	15	3	0	0	0	0	32
	20	3	0	0	0	0	0
	5	0	1	130	140	150	160
	10	0	1	60	80	100	120
	15	0	1	0	20	50	80
	20	0	1	0	0	0	40
	5	0	3	130	140	150	160
	10	0	3	60	80	100	120
	15	0	3	0	20	50	80
	20	0	3	0	0	0	40
5	1	1	102	116	130	144	
10	1	1	32	56	80	104	
15	1	1	0	0	30	64	
20	1	1	0	0	0	24	
5	3	3	46	68	90	112	
10	3	3	0	8	40	72	
15	3	3	0	0	0	32	
20	3	3	0	0	0	0	

Pada robot *line follower* digital juga terdapat sistem minimum. Dalam sistem minimum terdapat IC pemrograman berupa mikrokontroler ATmega16 untuk memasukkan algoritma pengendali PID dan beberapa tombol untuk melakukan pengaturan terhadap beberapa parameter seperti perbandingan referensi garis, nilai kecepatan, dan nilai PID. Driver motor yang digunakan pada robot ini berupa rangkaian *H-bridge* yang terdapat pada IC L298N. Driver motor ini digunakan untuk menguatkan output mikrokontroler dan mengendalikan motor agar bisa bergerak maju dan mundur.

Tabel 5 Pengujian Pada Kecepatan 255

P W M	K P	K I	K D	PWM MOTOR KIRI DAN MOTOR KANAN			
				PV=	PV=	PV=-	PV=-
				-7  7	-6  6	5  5	4  4
255	5	0	0	185	195	205	215
	10	0	0	115	135	155	175
	15	0	0	45	75	105	135
	20	0	0	0	15	55	95
	25	0	0	0	0	5	55
	30	0	0	0	0	0	15
	5	1	0	157	171	185	199
	10	1	0	87	111	135	159
	15	1	0	17	56	85	119
	20	1	0	0	0	35	79
	25	1	0	0	0	0	39
	5	3	0	101	123	145	167
	10	3	0	31	63	95	127
	15	3	0	0	3	45	87
	20	3	0	0	0	0	47
	25	3	0	0	0	0	7
	5	0	1	185	195	205	215
	10	0	1	115	135	155	175
	15	0	1	45	75	105	135
	20	0	1	0	15	55	95
	25	0	1	0	0	5	55
	30	0	1	0	0	0	15
	5	0	3	185	195	205	215
	10	0	3	115	135	155	175
15	0	3	45	75	105	135	
20	0	3	0	15	55	95	
25	0	3	0	0	5	55	
30	0	3	0	0	0	15	

Setelah memahami data hasil pengujian, jika PV menunjukkan kecepatan motor yang tidak sama dengan nol berarti robot tidak berada pada kondisi ideal dan artinya ada sinyal kesalahan (*error*). Pada kondisi *error* inilah formula PID akan menentukan hasil sinyal kendalinya. Berikut ini penjelasan tentang penerapan PID pada robot *line follower*.

Pada *line follower*, pengendli Integral dengan besar penguatan KI hanya akan mengintegalkan setiap *error* terhadap waktu, dimana robot seharusnya tidak pernah pada posisi lebih dari *error* tetapi yang diperlukan oleh robot adalah mengurangi atau menurunkan *error* seminimal mungkin. Pengendai derivative dengan penguatan KD digunakan untuk kecepatan robot dalam merespon terjadinya *error* untuk kembali pada kondisi normal. Sehingga KD sangat bergantung pada parameter nilai KP dan KI yang telah ditentukan. KD hanya mempercepat respon robot dalam mendeteksi nilai *error*.

Kontrol Proportional-Derivative pada *line follower* dapat menangani perubahan-perubahan proses pembacaan sensor yang cepat secara lebih baik dibandingkan dengan kontrol P saja meskipun kecepatan tetap sama dengan KP saja. Hal ini dikarenakan KD pada kontrol PD hanya

mempercepat respon robot dalam mengenali *error*. Sedangkan robot sudah memiliki motor dengan kecepatan respon yang tinggi sehingga perubahan kecepatan motor pada robot tidak terlalu berpengaruh.

Untuk kontrol Proportional – Integral, kombinasi antara KP dan KI memiliki satu keuntungan utama jika dibandingkan dengan KP saja yaitu nilai *error* pada robot dapat dikurangi secara perlahan sehingga kecepatan motor terhadap nilai *error* pada robot *line follower* tidak berubah dengan cepat atau dengan selisih yang jauh.

Penggabungan proposional, integral, dan derivatif (PID) adalah untuk mendapatkan sebuah pengendali yang mempunyai *error* lebih kecil sehingga dapat memperkecil kecenderungan terjadinya osilasi (robot bergetar) pada garis panduan. Pengontrol ini dikenal sebagai pengendali PID. Pengendali ini sangat bergantung terhadap nilai KP kemudian KI akan meredam perubahan *error* secara perlahan sedangkan KD akan mempercepat respon dalam mengenali *error* pada robot sehingga apabila robot dengan kecepatan tinggi akan menyesuaikan dengan cepat perubahan kecepatan masing – masing motor terhadap garis panduan berdasarkan parameter PID yang ditentukan.

## V. KESIMPULAN

Dalam menerapkan pengendali PID pada robot *line follower* digital beroda, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya :

1. KP merupakan pengendali utama pada robot *line follower* digital beroda karena nilai dari KP langsung merespon terjadinya *error* sehingga pemberian nilai KP yang sesuai akan membuat robot berjalan dengan kondisi normal.
2. Pemberian KI atau KD tanpa KP tidak akan berpengaruh karena tanpa KP, KI hanya akan meningkatkan nilai perubahan *error* sedangkan pemberian KD tanpa KP hanya membuat robot berjalan lurus dengan kecepatan yang telah ditentukan karena KP hanya mempercepat respon motor dalam mendeteksi nilai *error*.
3. Kombinasi pengendali PID pada robot *line follower* berbeda-beda tergantung pada pwm motor yang telah ditentukan. Untuk nilai pwm=150 maka kombinasi pengendali PID terbaik adalah KP=5, KI=0, dan KD=0. Untuk nilai pwm=200 maka kombinasi pengendali PID terbaik adalah KP=5, KI=1, dan KD=0. Untuk nilai pwm=255 maka kombinasi pengendali PID terbaik adalah KP=10, KI=1, dan KD=0.

## REFERENSI

- [1] Sanjaya, Mada. 2016. Robot Line Follower Digital Menggunakan Arduino (Simple Robot Line Tracking Arduino). Diambil dari: <http://profesorbolabot.blogspot.com/2016/02/robot-line-follower-arduino.html>. Diakses tanggal 3 Juli 2018.

- [2] Fahmizal. 2014. Membuat Robot Line Follower dengan Mikrokontroler. Diambil dari: <https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/membuat-robot-line-follower-dengan-mikrokontroler>. Diakses tanggal 8 Juli 2018.
- [3] Ahmad, Rizal. 2014. Robot *line follower digital*. Diambil dari: <http://rizalachp.blogspot.com/2014/11/robot-line-follower-digital.html>. Diakses tanggal 20 Juli 2018.
- [4] Maerani ,Restu dan Syaiful Bakhri. 2013. Perbandingan Sistem Pengontrolan Pid Konvensional Dengan Pengontrolan CMAC, Fuzzy Logic Dan ANN. Jakarta: Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir.
- [5] Hotma, Jamud. 2015. Membuat Robot Line Follower dengan Logika Sederhana. Diambil dari: <http://jamudtharsinagakristenprotestanjs.blogspot.co.id/2015/03/membuat-robot-line-follower-dengan.html>. Diakses tanggal 21 Mei 2018.