

APLIKASI PENGATURAN MOTOR DC BERBASIS P DAN D (*PROPOSIONAL DAN DERIVATIVE*) PADA WALL FOLLOWING ROBOT

Delta Arya Herdyanto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: delta93arya@gmail.com

Lilik Anifah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: lilikanifah@unesa.ac.id

Abstrak

Wall Following Robot yaitu robot yang dapat bergerak melalui koridor dengan mengikuti dinding, mengubah sudut untuk menemukan sebuah ruangan dengan memanfaatkan sensor ultrasonik. Robot ini berjalan dengan membaca data dari sensor ultrasonik yang dikirim ke mikrokontroler atmega8 lalu diteruskan menuju ke atmega16 untuk menggerakkan roda robot dengan motor DC. Penggerakan motordc dikendalikan oleh kontroler P (Proposional) dan D (Derivatif) yang telah sebelumnya diprogram menggunakan program CAVAR kedalam atmega16 guna untuk mengatur arah putaran motor DC agar robot tidak menabrak dinding dan berjalan sesuai *setpoint*. Dari hasil pengujian diperoleh parameter kontroler PD yang digunakan untuk tuning nilai kcr dengan metode *Ziegler-Nichols* adalah $K_p = 15$ dan $K_d = 13,125$ dapat menggerakkan robot dan mengurangi kondisi robot menabrak dinding dan berjalan sesuai keinginan saat mendapat gangguan berupa dinding.

Kata Kunci: *Wall Following Robot*, Kontroler P dan D, Atmega8, Atmega16, Motor DC

Abstract

Wall Following Robot is a robot that can move through the corridor by following the wall, changing the angle to find a room by utilizing ultrasonic sensors. This robot runs by reading data from the ultrasonic sensor sent to the microcontroller atmega8 then forwarded to the atmega16 to drive the robot wheel with a DC motor. Motocycle motion is controlled by P (Proposional) and D (Derivative) controllers that have been previously programmed using the CAVAR program into atmega16 in order to set the direction of DC motor rotation so that the robot does not hit the wall and run according to the *setpoint*. From the test results obtained PD controller parameters used for tuning kcr value with *Ziegler-Nichols* method is $K_p = 15$ and $K_d = 13,125$ can move the robot and reduce the robot condition hit the wall and walk as desired when getting a wall interference.

Keywords: *Wall Following Robot*, P and D Controller, Atmega8, Atmega16, DC Motor

PENDAHULUAN

Robot telah menjadi salah satu pengganti kerja manusia yang telah mulai berkembang pada akhir-akhir ini. Tidak hanya untuk industri tetapi juga untuk banyak bidang, contohnya untuk kebutuhan medis, membantu pekerjaan rumah, pengganti bagian tubuh manusia, pendeteksi alat seperti bom, penelitian luar angkasa, bahkan digunakan untuk kebutuhan pertahanan dan militer. Disini robot yang menggunakan roda telah banyak digunakan karena tingkat akselerasi dan kemudahan serta mampu digunakan untuk banyak medan. Robot beroda ini juga dapat dimanfaatkan untuk mencari benda dalam sebuah labirin atau ruang-ruang sempit guna mendeteksi alat seperti bom atau area yang memiliki tingkat radiasi yang manusia tidak dapat melewatinya dengan mudah. Robot beroda seperti ini dimanfaatkan Karena memiliki beberapa komponen sensor yang mampu membantu manusia dalam

menyelidiki sesuatu. Sensor yang paling banyak digunakan adalah sensor ultrasonik, laser, *infrared*, dan lain-lain. Sensor-sensor tersebut digunakan untuk robot terutama robot yang kali ini dibahas yaitu *Wall Following Robot* yaitu robot yang dapat bergerak melalui koridor dengan mengikuti dinding, mengubah sudut untuk menemukan sebuah ruangan dengan memanfaatkan beberapa dari sensor diatas.

Pada penelitian kali ini sensor yang digunakan adalah sensor HC-SR04, sensor ini bekerja dengan mengukur jarak antara dinding dan robot dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik yang dipancarkan dari sensor tersebut. Sensor ultrasonik memiliki gambaran cara kerja dengan mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Pantulan suatu gelombang suara dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu agar robot dapat mendeteksi letaknya.

Banyak penelitian dilakukan untuk mengembangkan *Wall Following Robot* dengan memanfaatkan sensor ultrasonik. (As'Ari, 2014) pada jurnal yang berjudul "Perancangan Robot *Wall Follower* Dengan Metode *Propotional Integral Derivative* (PID) Berbasis Mikrokontroler" menunjukkan hasil yang memuaskan dapat bernavigasi dengan halus, *responsive*, dan tanpa ada tabrakan. Pada jurnal (Elmiawan, 2013) yang berjudul "Implementasi Sistem Navigasi *Wall Following* Menggunakan Kontroler PID dengan Metode Tuning pada Robot Konter Robot Cerdas Indonesia (KCRI) Divisi Senior Beroda" mampu menunjukkan hasil yang sangat memuaskan dengan proses *trial and error* yang tidak cukup lama.

KAJIAN PUSTAKA

Wall Following Robot

Robot Mobil atau Mobile Robot adalah konstruksi robot yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain. Robot mobil ini sangat disukai bagi orang yang mulai mempelajari robot. Hal ini karena membuat robot mobil tidak memerlukan kerja fisik yang berat. Untuk dapat membuat sebuah robot mobil minimal diperlukan pengetahuan tentang mikrokontroler dan sensor-sensor elektronik (Asti, 2017).

Sensor Ultrasonik HC-SR04

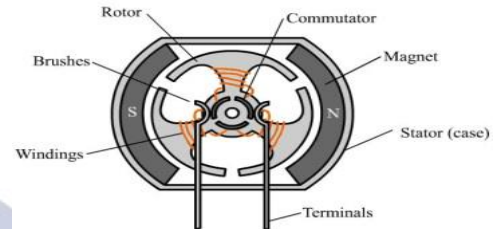
Sensor Ultrasonik adalah Pengertian sensor ultrasonik yaitu sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik). Sensor ini berfungsi untuk mengetahui jarak antara sensor dengan objek yang ada di depannya atau objek yang memantulkan gelombang ultrasoniknya. Jarak yang bisa dideteksi oleh sensor ini ± 2 cm hingga 400 cm, dengan tingkat presisi sebesar 0,3 cm. Sudut yang bisa dideteksi tidak lebih dari 15° . Arus yang diperlukan tidak lebih dari 2mA dan tegangan yang dibutuhkan sebesar 5 volt (Hari, 2015).



Gambar 1 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung atau *direct-unidirectional* (Agus, 2012).



Gambar 2 Motor DC

P dan D (Proporsional dan Derifatif)

Keberadaan controller dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya hal itu disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya, karakteristik *plant* harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu sub sistem, yaitu kontroler. Salah satu contoh kontroler yang biasa digunakan adalah PID. PID (Proporsional Integral Derifatif) adalah merupakan kontroler mekanisme umpan balik yang biasanya dipakai pada sistem kontrol industri. Sebuah kontroler PID secara kontinyu menghitung nilai kesalahan sebagai beda antara setpoint yang diinginkan dan variabel proses terukur. Namun saat ini yang akan dibahas hanya kontroler P dan D (Proporsional dan Derifatif) (Siswo, 2012).

P (Proporsional) bertanggung jawab untuk nilai kesalahan saat ini. Contohnya, jika nilai kesalahan besar dan positif, maka keluaran kontrol juga besar dan positif. Term proporsional menghasilkan nilai keluaran yang berbanding lurus dengan nilai kesalahan. Responnya dapat diatur dengan mengalikan kesalahan (*error*) dengan konstanta K_p , disebut konstanta gain proporsional atau gain kontroler.

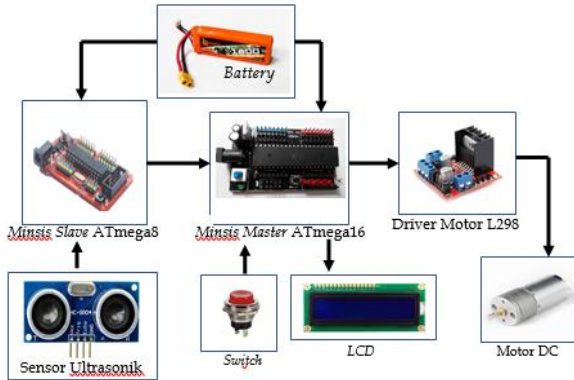
Gain yang besar menghasilkan perubahan yang besar pada keluaran untuk suatu nilai kesalahan tertentu. Namun, jika gain terlalu besar, sistem dapat menjadi tidak stabil. Sebaliknya, gain yang bernilai kecil maka respon keluaran juga kecil, sehingga kontroler menjadi kurang responsif/sensitif, akibatnya tindakan kontrol menjadi terlalu kecil bila ada gangguan.

Pengendali derifatif ini tidak dapat berdiri sendiri, unit pengendali D ini selalu dipakai dalam kombinasi

dengan P dan I, menjadi pengendali PD atau pengendali PID. Selain itu, pengendali D tidak dapat dipakai untuk proses variabel yang beriak (mengandung *noise*) karena karakteristiknya yang sangat responsive (Siswo, 2012).

METODE PENELITIAN

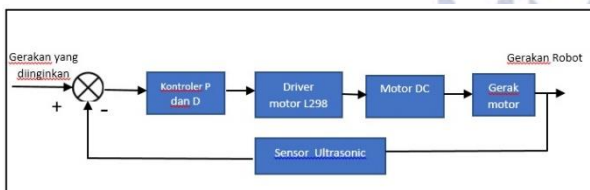
Perancangan Hardware



Gambar 3 Perancangan Hardware

Pada Gambar 3 Desain Hardware *Wall Following Robot* dapat dijabarkan bahwa ATmega8 dan ATmega16 mendapat pasokan sumber dari batrai 12v. Data dari sensor ultrasonik akan diolah oleh ATmega8 yang selanjutnya diolah oleh ATmega16 untuk melakukan perintah menjalankan motor DC. Untuk menjalankan motor DC dibutuhkan IC Driver L298 agar motor DC dapat bekerja melalui perintah dari ATmega16. Pada mikrokontroler ATmega16 terdapat *Push Button* yang berfungsi sebagai tombol power pada robot, lalu terdapat LCD yang berfungsi menampilkan data hasil perhitungan jarak antara dinding dan robot.

Perancangan Diagram Blok P dan D



Gambar 4 Perancangan Diagram Blok P dan D

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perancangan perangkat keras dan pemrograman maka dapat dilakukan perancangan robot untuk dapat dilakukan pengaplikasian kontroler pada plant berupa *wall follower robot* yang telah dirancang untuk mencapai kestabilan saat membaca jarak dinding. Pengujian pada perangkat keras sendiri meliputi pengujian pada sensor ultrasonik, perhitungan kecepatan motor untuk mengetahui kestabilan pada saat robot bergerak, lalu uji coba *wall following robot* pada dinding secara langsung. Pengujian gerak robot juga

dilakukan pada beberapa bentuk dinding, seperti dinding berbentuk U, persegi, T, Z, dan Lurus.

Desain Wall Following Robot

Bentuk dari *Wall Following Robot* memiliki panjang 17cm, lebar 15cm, dan tinggi 9cm.



Gambar 5 Robot Dengan Panjang 17cm



Gambar 6 Robot Dengan Lebar 15cm



Gambar 7 Robot Dengan Tinggi 9cm

Hasil Pengujian Jarak Wall Following Robot

Hasil pengujian jarak dapat dilihat pada tabel 4.1. Pengujian dilakukan delapan kali untuk mendapatkan kerja sensor ultrasonik. Dimulai dari 4cm, 5cm, 6cm, 7cm, 8cm, 9cm, 10cm, 11cm. Pengujian dilakukan terhadap ketiga sensor ultrasonik yaitu sensor ultrasonik robot.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Data	Jarak	Sensor US Dpn	Sensor US Kiri	Keterangan
1	5 cm	5 cm	5 cm	Sensor US hanya dapat membaca bilangan dalam bulatan
2	6 cm	6 cm	6 cm	
3	7 cm	7 cm	7 cm	
4	8 cm	8 cm	8 cm	
5	9 cm	9 cm	9 cm	
6	10 cm	10 cm	10 cm	
7	11 cm	11 cm	11 cm	

Hasil Pengujian Tegangan Wall Following Robot

Robot ini menggunakan motor DC 12V dengan kecepatan 400 RPM, sehingga setiap 1V diperoleh kecepatan 33,34 RPM. Untuk menghitung nilai RPM yaitu memasukkan nilai PWM yang telah ditentukan pada program CVAVR kemudian mengukur tegangan pada motor menggunakan multimeter. Hasil tegangan setiap PWM dikalikan 33,34 sehingga diperoleh nilai RPM. Nilai RPM = tegangan PWM X 33,34.

Tabel 2 Hasil Pengujian Tegangan Wall Following Robot

No	Nilai PWM	Tegangan	RPM
1	5	0,545	18,170
2	10	1,083	36,107
3	20	1,756	58,545
4	30	2,213	73,781
5	40	2,576	85,883
6	50	2,946	98,219
7	-50	-2,952	- 98,419

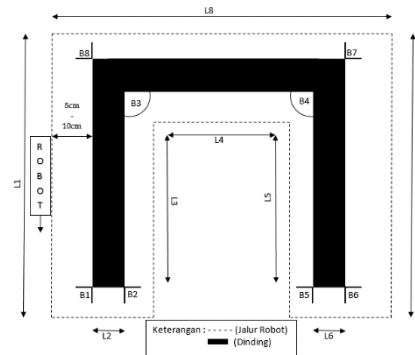
Analisi Gerakan Robot Wall Following Robot Terhadap Dinding

Analisis gerakan Wall Following Robot terhadap dinding dilakukan pada dinding berbentuk huruf U, huruf T, huruf Z, Persegi, dan Lurus dengan set point 8cm - 10cm terhadap dinding. Nilai error dihitung dari gerakan robot yang tidak sesuai dengan set point. Nilai error yang didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai Error} = \frac{\text{Hasil uji alat} - \text{Hasil yang diinginkan}}{\text{Hasil yang diinginkan}} \times 100\% \quad (1)$$

Gerakan Wall Following Robot Pada Dinding Berbentuk U

Hasil pengujian gerakan Wall Following Robot pada dinding berbentuk U. Jarak terdekat robot terhadap dinding adalah 3 cm dan jarak terjauh robot pada dinding adalah 15 cm. Jarak yang diinginkan adalah 8 cm sampai 10 cm. Terdapat beberapa titik untuk memudahkan penelitian, sehingga dapat diketahui posisi robot ketika tidak sesuai dengan nilai set point.



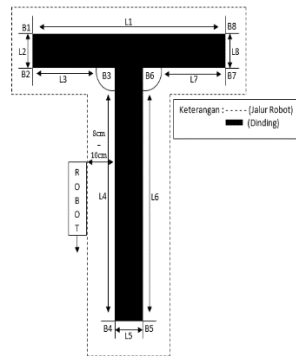
Gambar 8 Skema Gerak Robot Pola U

Tabel 3 Hasil Pengujian Wall Following Robot Pola U

Posisi robot	Hasil yang diinginkan	Uji alat	Nilai error %
L1	10 cm	10 cm	0
B1	8 cm	8 cm	0
L2	9 cm	10 cm	11
B2	8 cm	9 cm	12
L3	10 cm	10 cm	0
B3	8 cm	9 cm	12
L4	10 cm	10 cm	0
B4	8 cm	7 cm	12
L5	9 cm	9 cm	0
B5	8 cm	8 cm	0
L6	10 cm	11 cm	10
B6	8 cm	8 cm	0
L7	10 cm	10 cm	0
B7	9 cm	9 cm	0
L8	10 cm	10 cm	0
B8	9 cm	9 cm	0
Nilai rata-rata error			3,6

Gerakan Wall Following Robot Pada Dinding Berbentuk T

Hasil pengujian gerakan Wall Following Robot pada dinding berbentuk T. Jarak terdekat robot terhadap dinding adalah 3 cm dan jarak terjauh robot pada dinding adalah 15 cm. Jarak yang diinginkan adalah 8 cm sampai 10 cm. Terdapat beberapa titik untuk memudahkan penelitian, sehingga dapat diketahui posisi robot ketika tidak sesuai dengan nilai set point.



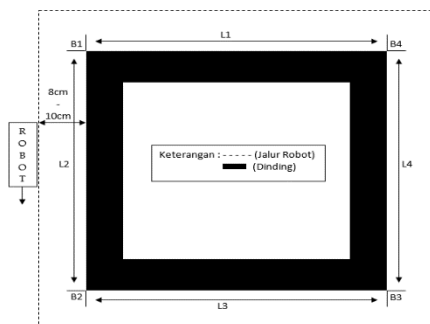
Gambar 9 Skema Gerak Robot Pola T

Tabel 4 Hasil Pengujian Wall Following Robot Pola T

Posisi robot	Hasil yang diinginkan	Uji alat	Nilai error %
L1	10 cm	10 cm	0
B1	8 cm	9 cm	12
L2	9 cm	8 cm	11
B2	8 cm	9 cm	12
L3	10 cm	10 cm	0
B3	8 cm	8 cm	0
L4	10 cm	10 cm	0
B4	8 cm	9 cm	12
L5	9cm	9cm	0
B5	8 cm	7 cm	12
L6	10 cm	10 cm	0
B6	9 cm	9 cm	0
L7	10 cm	10 cm	0
B7	9 cm	9 cm	0
L8	9 cm	8 cm	11
B8	8 cm	8 cm	0
Nilai rata-rata error			4,3

Gerakan Wall Following Robot Pada Dinding Berbentuk Persegi

Hasil pengujian gerakan Wall Following Robot pada dinding berbentuk persegi. Jarak terdekat robot terhadap dinding adalah 3 cm dan jarak terjauh robot pada dinding adalah 15 cm. Jarak yang diinginkan adalah 8 cm sampai 10 cm. Terdapat beberapa titik untuk memudahkan penelitian, sehingga dapat diketahui posisi robot ketika tidak sesuai dengan nilai *set point*.



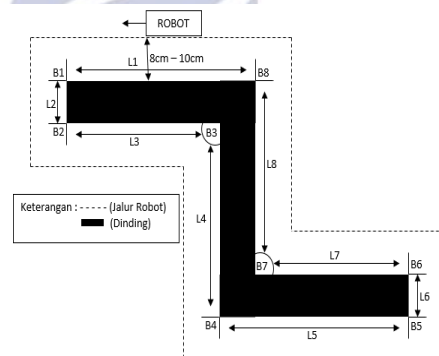
Gambar 10 Skema Gerak Robot Pola Persegi

Tabel 5 Hasil Pengujian Wall Following Robot Pola Persegi

Posisi robot	Hasil yang diinginkan	Uji alat	Nilai error %
L1	9 cm	9 cm	0
B1	8 cm	8 cm	0
L2	9 cm	8 cm	11
B2	8 cm	7 cm	12
L3	9 cm	9 cm	0
B3	8 cm	8 cm	0
L4	9 cm	9 cm	0
B4	8 cm	8 cm	0
Nilai rata-rata error			2,9

Gerakan Wall Following Robot Pada Dinding Berbentuk Z

Hasil pengujian gerakan Wall Following Robot pada dinding berbentuk persegi. Jarak terdekat robot terhadap dinding adalah 3 cm dan jarak terjauh robot pada dinding adalah 15 cm. Jarak yang diinginkan adalah 8 cm sampai 10 cm. Terdapat beberapa titik untuk memudahkan penelitian, sehingga dapat diketahui posisi robot ketika tidak sesuai dengan nilai *set point*.



Gambar 11 Skema Gerak Robot Pola Z

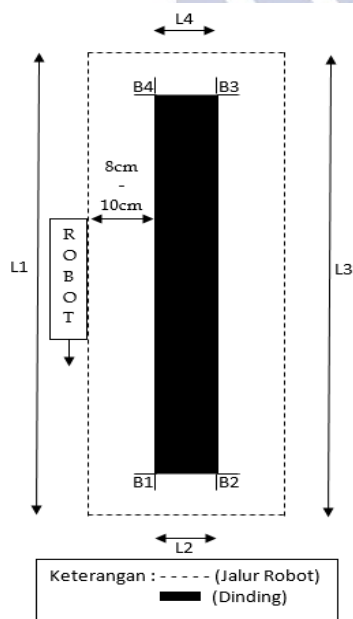
Tabel 6 Hasil Pengujian Wall Following Robot Pola Z

Posisi robot	Hasil yang diinginkan	Uji alat	Nilai error %
L1	9 cm	9 cm	0
B1	8 cm	6 cm	24
L2	8 cm	9 cm	12
B2	8 cm	8 cm	0
L3	9 cm	9 cm	0
B3	8 cm	8 cm	0
L4	9 cm	9 cm	0
B4	9 cm	9 cm	0
L5	10cm	10cm	0
B5	9 cm	8 cm	11

Posisi robot	Hasil yang diinginkan	Uji alat	Nilai error %
L6	9 cm	9 cm	0
B6	9 cm	8 cm	11
L7	10 cm	10 cm	0
B7	9 cm	9 cm	0
L8	10 cm	10 cm	0
B8	9 cm	9 cm	0
Nilai rata-rata error			3,6

Gerakan Wall Following Robot Pada Dinding Berbentuk Lurus

Hasil pengujian gerakan *Wall Following Robot* pada dinding berbentuk persegi. Jarak terdekat robot terhadap dinding adalah 3 cm dan jarak terjauh robot pada dinding adalah 15 cm. Jarak yang diinginkan adalah 8 cm sampai 10 cm. Terdapat beberapa titik untuk memudahkan penelitian, sehingga dapat diketahui posisi robot ketika tidak sesuai dengan nilai *set point*.



Gambar 12 Skema Gerak Robot Pola Lurus

Tabel 7 Hasil Pengujian *Wall Following Robot* Pola Lurus

Posisi robot	Hasil yang diinginkan	Uji alat	Nilai error %
L1	10 cm	10 cm	0
B1	8 cm	7 cm	12
L2	10 cm	10 cm	0
B2	8 cm	8 cm	0
L3	9 cm	9 cm	0
B3	9 cm	8 cm	11
L4	9 cm	9 cm	0
B4	9 cm	9 cm	0
Nilai rata-rata error			2,8

Dari setiap hasil pengujian diatas hasil dari setiap pengujian didapat hasil berupa presentase nilai *error* dari keseluruhan percobaan.

Tabel 8 Rata - Rata Nilai *Error* Dari Semua Percobaan

Pola Percobaan Robot	Nilai Error %
U	3,6
T	4,3
Persegi	2,9
Z	3,6
Lurus	2,8
Rata – Rata Nilai Error %	3,44

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil simpulan. *Wall Following Robot* dapat membaca sensor ultrasonik pada jarak terdekat yaitu 3 cm dan jarak terjauh yang dapat dibaca adalah 250 cm uji sensor ultrasonik dapat dilihat pada tabel 1. Namun robot dapat berjalan stabil pada jarak 8 cm sampai 10 cm dengan menggunakan $K_p = 15$ dan $K_d = 13,125$. Pengujian robot pada dinding dengan nilai *set point* 8 cm sampai 10 cm. Pada dinding berbentuk huruf U menghasilkan nilai eror rata-rata sebesar 3,6% dan respon sensor kurang cepat, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3. Pada dinding berbentuk huruf T menghasilkan nilai eror rata-rata sebesar 4,3% dan kurang cepat dalam menanggapi respon sensor, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4. Pada dinding berbentuk persegi menghasilkan nilai eror rata-rata sebesar 2,9% dan cepat dalam menanggapi respon sensor, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5. Pada dinding berbentuk Z menghasilkan nilai error 3,6% dan respon sensor kurang cepat hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 6. Pada dinding berbentuk lurus menghasilkan nilai error 2,8% dan cepat dalam menanggapi respon sensor hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 7. Sehingga dinding yang lebih baik sebagai dinding penghalang adalah dinding berbentuk Lurus dan Berbentuk Persegi.

Dan secara keseluruhan nilai error dari semua percobaan adalah 3,44%, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 8. Reaksi robot ketika diberikan gangguan berbagai macam pola yaitu pola huruf U, dan pola huruf Z dan berbentuk T robot kurang bisa merespon sensor dengan cepat. Namun pada pola lintasan Lurus dan pola Persegi robot bisa berjalan baik dan dapat cepat merespon sensor dan tidak menabrak dinding tersebut.

Saran

Penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan, oleh karena itu perlu beberapa hal untuk menyempurnakan penelitian ini. Berikut ini beberapa saran yang dapat dilakukan untuk menyempurnakan penelitian ini. Untuk memperoleh hasil yang maksimal robot dapat ditambah sensor infrared untuk mendapat hasil yang lebih memuaskan. Robot dapat diberi kontroler selain Proporsional dan Derivatif agar mendapat hasil yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar Arnas Elmiawan. 2013: Implementasi Sistem Navigasi Wall Following Menggunakan Kontroler PID dengan Metode Tuning pada Robot Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) Divisi Senior Beroda
- Arifiani Asti Savina. 2017: Rancang Bangun Wall Following Robot Menggunakan Fuzzy Logic Controller
- Arnas Elmiawan Akbar. 2013: Implementasi Sistem Navigasi Wall Following Menggunakan Kontroler Pid Dengan Metode Tuning Pada Robot Kontes Robot Cerdas Indonesia (Krci) Divisi Senior Beroda
- As'Ari. 2014: Perancangan Robot Wall Follower Dengan Metode Proportional Integral Derivative (PID) Berbasis Mikrokontroler Universitas Andalas, Padang.
- Dwi Utomo Siswo. 2012: Implementasi Metode Auto Tuning PID Pada Balancing Robot
- Hari Santoso. 2015: Cara Kerja Sensor Ultrasonik, Rangkaian, & Aplikasinya.
- Hidayat Rofiq. 2012: Microcontroller ATmega 16.
- Purnama Agus, 2012: Dasar Teori Motor DC dan Komponen Motor DC
- Shofa Faela & Tatyantoro, Andrasto. 2015: Penerapan Metode Simple Maze Pada Robot Wall Follower Untuk Menyelesaikan Jalur Dalam Menelusuri Sebuah Labirin Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Syarif, Muhammad. 2014: Port dan Pin pada mikrokontroler ATmega8 / ATmega8535