

Perancangan Robot Wall Follower Dengan Metode Proportional Integral Derivative (PID) Berbasis Mikrokontroler

As'Ari¹, Heru Dibyo Laksono², Tati Erlina³

^{1,3} Jurusan Sistem Komputer FTI Universitas Andalas
Jln. Kampus Limau Manis Kota Padang 25163 INDONESIA

² Jurusan Elektro FT Universitas Andalas

Abstrak— Robot *wall follower* adalah robot otomatis yang gerakannya mengikuti dinding-dinding pembatas pada lintasan. Navigasi robot *wall follower* merupakan salah satu sistem navigasi robot yang digunakan dalam perlombaan seperti Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) dimana robot tipe *wall follower* ini dapat mengikuti bentuk - bentuk dinding arena. Robot tipe ini dipilih karena arena terdiri dari dinding-dinding yang membentuk lorong dan ruangan. Tugas akhir ini merancang dan mengimplementasikan algoritma kontrol pada robot *wall follower* menggunakan kontroler *Proportional Integral Derivative* (PID) sebagai sistem kontrol pada navigasi robot *wall follower*. Tugas dari robot ini adalah menyusuri dinding arena yang bentuknya bebas. Kontroler PID pada robot *wall follower* bertujuan untuk memuluskan pergerakan robot saat menelusur ruangan/dinding lintasan. Dengan bantuan kontroler PID robot *wall follower* mampu bernavigasi dengan halus, responsif dan tanpa tabrakan. Penentuan hasil tuning parameter kontroler PID ini didapatkan dengan menggunakan metode trial dan error. Hasil tuning parameter kontroler PID yang dicapai dari penelitian tugas akhir ini diperoleh nilai $K_p= 6$, $K_i= 1$ dan $K_d= 3$.

Kata Kunci— Robot Wall Follower, Kontroler PID, Tuning Parameter

I. PENDAHULUAN

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan ataupun kontrol manusia dengan menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (kecerdasan buatan)^[1]. Saat ini, robot banyak digunakan dalam berbagai bidang kehidupan masyarakat. Bahkan, Setiap tahun kontes robot selalu ada untuk memperkenalkan dan memperluas ilmu pengetahuan tentang robot.

Robot yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah robot *wall follower*. Pada penelitian sebelumnya juga pernah membahas tentang robot *wall follower* ini dengan menggunakan bahan penelitian seperti sensor ultrasonik ping))), ATmega32, dan Modul RF YS-1020^[19]. Tetapi, menurut saya masih terdapat beberapa kekurangan. Beberapa kekurangannya yaitu kurang mulusnya pergerakan robot, kurang responsive, keseringan menabrak dinding, dan kurang stabil. Untuk itu perlu adanya perancangan robot *wall follower* yang lebih bisa mengurangi beberapa kelemahan diatas untuk mendapatkan robot *wall follower* yang lebih mulus pergerakannya, responsive, dan mengurangi tabrakan dengan dinding.

Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai pergerakan robot *wall follower* saat melintasi *track* yang lurus maupun berbelok-belok agar tidak menabrak dinding kiri atau kanan dan tetap menjaga keseimbangan saat *tracking* kiri atau kanan. Oleh karena itu, perlu adanya penggunaan metode kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) untuk menentukan kecepatan angular robot. Dengan mengetahui kecepatan angular robot *wall follower* setiap saat, maka kecepatan linier roda-roda robot dapat ditentukan. Kecepatan linier roda-roda robot akan mengatur besarnya *duty cycle* sinyal PWM pada masing-masing motor, sedangkan jejak (*guidance*) berupa dua buah dinding yang dapat dianalogikan sebagai koridor.

Kontrol PID yang digunakan pada robot *wall follower* ini diharapkan dapat mengatur gerakan robot *wall follower* yang lebih baik, halus dan akurat dalam pembacaan jarak antara dinding kiri dan kanan. Kontrol PID ini akan diaplikasikan ke sebuah mikrokontroler Arduino Uno dengan software Arduino dan sensor yang digunakan dalam robot *wall follower* ini adalah Sharp GP2D12.

II. LANDASAN TEORI

A. Robot

Kata robot berasal dari bahasa Czech, *robota*, yang berarti 'pekerja'. Kata robot diperkenalkan dalam bahasa Inggris pada tahun 1921 oleh Wright Karel Capek pada sebuah drama, "Rossum's Universal Robots" (R.U.R). Robot adalah mesin hasil rakitan karya manusia, tetapi bekerja tanpa mengenal lelah. Pada awalnya, robot diciptakan sebagai pembantu kerja manusia, akan tetapi dalam waktu ke depan, robot akan mampu mengambil alih posisi manusia sepenuhnya dan bahkan mengganti ras manusia dengan berbagai jenisnya^[1]. Definisi lain, robot adalah sebuah mesin yang berbentuk seperti manusia yang bisa bergerak dan berbicara. Pendapat ini didasari oleh kemunculan film-film robot, seperti *Robocop*, *Transformer*, *Astro Boy*, *Wall-E*, dan sebagainya. Sebenarnya definisi robot itu tergantung dari kategori robot^[2].

Robot *wall follower* adalah robot otomatis yang gerakannya mengikuti dinding-dinding pembatas pada lintasan^[5]. Salah satu keuntungannya adalah tidak perlu adanya garis penuntun ataupun suatu tanda khusus sebagai arahan bagi robot. Cara kerjanya adalah dengan membaca dan mendeteksi suatu penghalang atau dinding terhadap robot dengan penggunaan sensor jarak. Bila terjadi perubahan, maka robot akan bergerak untuk kemudian menyesuaikan jarak lagi. Proses ini akan dilakukan secara berulang-ulang.

B. Sensor

Sensor berguna untuk mengetahui kondisi - kondisi di bagian dalam (internal) atau bagian luar (eksternal) robot. Atau, dapat dikatakan juga bahwa sensor adalah suatu piranti elektronik yang dapat digunakan sebagai media komunikasi antara robot dan lingkungan di sekitarnya^[2].

Sensor robot dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu^[2]:

1. Sensor internal

Digunakan untuk mengontrol posisi, kecermatan, dan lain-lain. Contohnya adalah potensiometer dan enkoder optik (*optical encoder*).

2. Sensor eksternal

Digunakan untuk mengontrol dan mengkoordinasi robot dengan lingkungan. Contohnya adalah sensor sentuhan (*tactile switch*), inframerah, ultrasobik, detektor api, jarak, kompas digital, sensor suhu, dan sebagainya.

Sensor Sharp GP2D12 adalah sensor jarak analog yang menggunakan *infrared* untuk mendeteksi jarak antara 10 cm sampai 80 cm. GP2D12 mengeluarkan *output* voltase non-linear dalam hubungannya dengan jarak objek dari sensor dan menggunakan *interface analog to digital converter (ADC)*. Pada dasarnya sensor jarak sama seperti sensor *Infra Red (IR)* konvensional. *Sharp GP2D12* memiliki bagian *transmitter / emitter* dan *receiver* (detektor)^[7].



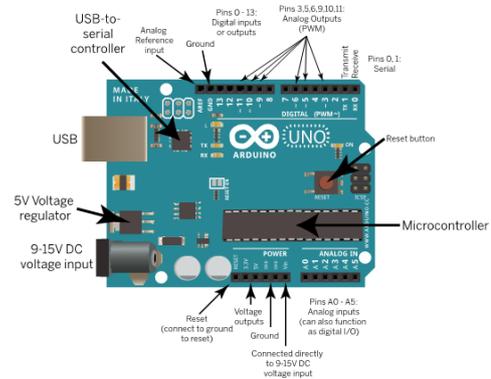
Gbr. 1 Sensor sharp GP2D12 dan kabel JST 3 pin

C. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input output*. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini^[9].

Arduino Uno adalah^[12] papan mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino jenis ini memiliki 14 pin input/output digital (dengan 6 di antaranya bisa digunakan

sebagai output PWM), 6 analog input, *ceramic resonator* 16 MHz, koneksi USB, sambungan untuk *power supply*, *header ICSP*, dan tombol reset. Untuk menghidupkannya, mikrokontroler ini bisa disambungkan ke komputer menggunakan koneksi USB, menggunakan adaptor AC-DC, atau baterai. Tampilan Arduino Uno dan keterangan dari tiap bagiannya bisa dilihat pada gambar 2.6.



Gbr. 2 Mikrokontroler Arduino Uno

D. Motor DC

Motor DC merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan,dll. Motor DC digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, fanangin) dan di industri. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik.

Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen^[14]. Power Supply yang digunakan berkisar 3-24 volt dengan arus sebesar 1 ampere. Motor DC memiliki 2 bagian dasar, yaitu^[3]:

1. Bagian yang tetap/*stationer* yang disebut *stator*. Stator ini menghasilkan medan magnet. Baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen.

2. Bagian yang berputar disebut rotor. Rotor ini merupakan sebuah koil dimana arus listrik mengalir

Berikut ini bentuk dari motor dc :



Gbr. 3 Motor DC

E. Driver L298

L298 adalah IC yang dapat digunakan sebagai driver motor DC. IC ini menggunakan prinsip kerja H-Bridge^[16]. Tiap H-Bridge dikontrol menggunakan level tegangan TTL yang berasal dari *output* mikrokontroler. L298 dapat mengontrol 2 buah motor DC. Tegangan yang dapat digunakan untuk mengendalikan robot bisa mencapai tegangan 46 VDC dan arus 2 A untuk setiap kanalnya. Berikut ini bentuk IC L298 yang digunakan sebagai motor driver.



Gbr. 4 Driver L298

F. PWM (Pulse Width Modulation)

Pulse Width Modulation (PWM)^[17] secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa Contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, audio effect dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa, pengendalian kecepatan motor DC, pengendalian motor servo, pengaturan nyala terang LED.

G. PID (Proportional Integral Derivative)

PID (*Proportional Integral Derivative*) Controller merupakan kontroler untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik / feed back pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu Proportional, Integratif, dan Derivatif. Dalam waktu kontiniu, sinyal keluaran kontrol PID dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$U(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt - K_d \frac{de(t)}{dt}$$

dengan:

$U(t)$ = sinyal keluaran pengendali PID

K_p = konstanta *proportional*

K_i = konstanta *integral*

K_d = konstanta *derivative* (turunan)

$e(t)$ = sinyal *error*

III. METODOLOGI

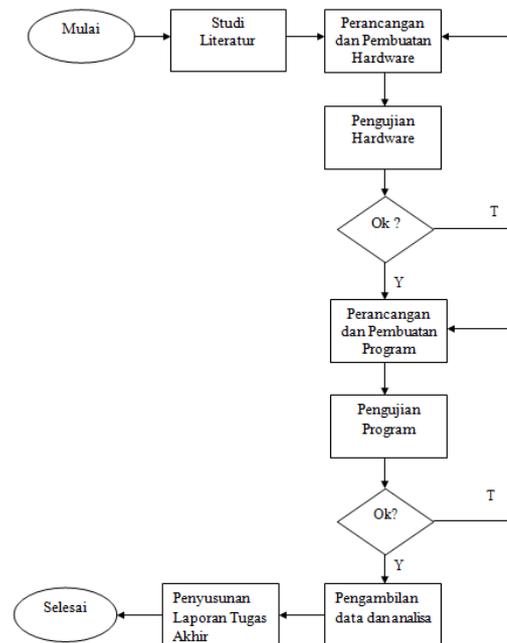
A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah penelitian percobaan (*Experimental Research*).

Pada penelitian ini dilakukan percobaan pada robot *wall follower* dengan menggunakan jalur yang sudah diberi dinding sesuai dengan ketinggian letak sensor pada bodi robot. Pada tahap awal dimulai dengan mengaktifkan tombol *power supply*. Setelah *power supply* aktif, robot *wall follower* diletakkan di atas jalur yang diberi 2 dinding yang terbuat dari triplek. Robot *wall follower* berjalan pada jalur yang diberi 2 dinding sesuai dengan lekukan 2 dinding tersebut. Kalau dinding triplek lurus, maka robot berjalan lurus. Kalau dinding triplek berlekuk, maka robot berjalan melekok sesuai lekukan dinding triplek. Pada tahap awal di atas, sensor sharp GP2D12 bekerja untuk mengikuti arah dinding triplek.

Pada tahap kedua, fungsi sensor sharp GP2D12 disamping membaca jarak terhadap 2 dinding triplek tetapi juga dapat mengontrol jarak robot *wall follower* antara dinding triplek agar bergerak halus, responsive dan dapat mengurangi tabrakan dengan antara dinding - dinding tersebut. Pada tahap ini, fungsi sensor dikontrol dengan menggunakan kontrol PID yang diprogram pada mikrokontroler Arduino Uno dan diaplikasikan ke motor DC. Disamping melakukan proses pembacaan jarak, disaat yang sama sensor dan motor DC melakukan kontrol terhadap robot *wall follower* agar bergerak halus, responsive dan dapat mengurangi tabrakan dengan dinding.

B. Produser Penelitian



Gbr. 5 Flowchart Prosedur Penelitian

Pada Gbr. 5 merupakan bentuk dari prosedur penelitian dimana pada prosedur tersebut, penelitian dilakukan dengan cara studi literatur terlebih dahulu untuk dapat mengetahui apa saja yang diperlukan dan dipahami dalam pembuatan tugas akhir ini. Setelah studi literatur, dilanjutkan dengan perancangan dan pembuatan hardware yang bertujuan untuk membuat desain dan mekanik dari tugas akhir dan setelah itu dilakukan pengujian terhadap *hardware* tersebut. Setelah pengujian *hardware* selesai dilanjutkan dengan perancangan *software* yang bertujuan untuk membuat fungsi dari hardware yang dirancang sesuai dengan kinerja *hardware* tersebut. Setelah itu dilakukan pengujian terhadap *software* yang didownload dalam hardware tersebut. Setelah hardware dan software selesai, dilakukan pengambilan data dan membuat laporan dari hasil penelitian tersebut.

C. Alat dan Bahan Penelitian

1) Alat Penelitian

Alat penelitian yang dibutuhkan dalam tugas akhir ini berupa *hardware* dan *software*. *Hardware* dan *software* yang digunakan dalam penelitian pembuatan sistem ini adalah sebagai berikut :

- *Hardware*

1. Laptop
2. Arduino Uno
3. Sensor Jarak Sharp GP2D12
4. Rangkaian driver motor
5. LCD 16X2
6. Driver L298N
7. Baterai Li-Po
8. Buzzer

- *Software*

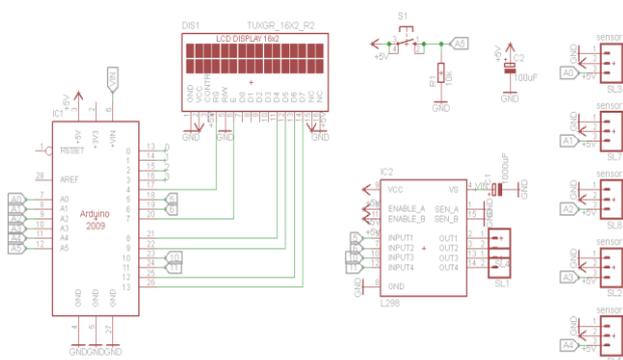
Software yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu Arduino Software

2) Bahan Penelitian

Pada pembuatan tugas akhir ini jarak antara 2 dinding pembatas jalur yang terbuat dari triplek dan robot merupakan objek yang akan diteliti.

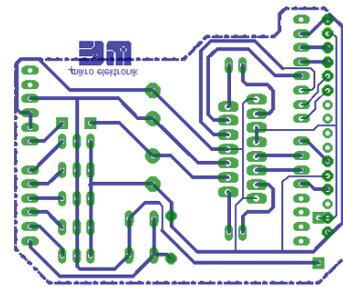
D. Perancangan Mekanik

1) Diagram skema sistem driver motor



Gbr. 6 Diagram skema sistem

2) Berikut ini merupakan bentuk layout dari diagram skema sistem driver motor :



Gbr. 7 Layout Sistem

3) Berikut ini merupakan bentuk dari rangkaian driver motor :



Gbr. 8 Rangkaian driver motor terhubung pada arduino uno, sensor, motor, dan LCD 16x2

E. Perancangan Software

Pada robot *wall follower*, perancangan untuk kontrol robot menggunakan metoda PID. Berikut ini beberapa penggalan program PID pada arduino software :

```
//variabel PID
int kiri_dpn,kiri_blk,kanan_dpn,kanan_blk,dpn,count;
int PV;
int error;
int MV, P, I, D,D1,D2,D3,I1,I2,I3;
int llpwm,rrpwm,last_error;
const unsigned char set_p=0;
const int var_Kp=9,var_Kd=3,var_Ki=1,Ts=1;
```

```
//rumus PID kontrol
```

```
error = set_p - PV;
P = var_Kp * error;
```

```
D1 = var_Kd * 10;
D2 = D1 / Ts;
D3 = error - last_error;
D = D2 * D3;
```

```
I1 = var_Ki / 10;
I2 = error + last_error;
I3 = I1 + I2;
I = I3 * Ts;
```

```
last_error = error;
MV = P + I + D;
```

IV. HASIL DAN ANALISA

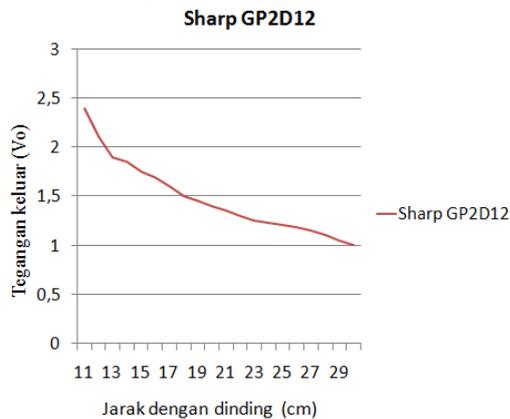
A. Pengujian dan Analisa Masukan (Input)

TABEL 1

HASIL PENGUJIAN ADC DAN PERBANDINGAN TEGANGAN OUTPUT PADA SENSOR SHARP GP2D12 DENGAN CARA PENGUJIAN PERHITUNGAN DAN MULTIMETER

Jarak	Tegangan Output Perhitungan	Tegangan Output Multimeter	Data ADC
30 cm	0,95 V	1,00 V	195
29 cm	0,98 V	1,05 V	201
28 cm	1,00 V	1,10 V	205
27 cm	1,05 V	1,15 V	216
26 cm	1,09 V	1,18 V	224
25 cm	1,13 V	1,20 V	231
24 cm	1,17 V	1,23 V	239
23 cm	1,21 V	1,25 V	247
22 cm	1,27 V	1,30 V	260
21 cm	1,31 V	1,35 V	269
20 cm	1,36 V	1,40 V	278
19 cm	1,41 V	1,45 V	290
18 cm	1,49 V	1,50 V	305
17 cm	1,58 V	1,60 V	324
16 cm	1,62 V	1,70 V	332
15 cm	1,70 V	1,75 V	348
14 cm	1,79 V	1,85 V	366
13 cm	1,89 V	1,90 V	387
12 cm	2,07 V	2,10 V	424
11 cm	2,22 V	2,40 V	454

Setelah dilakukan pengujian terhadap sensor sharp GP2D12 dengan mendapatkan nilai tegangan output dan data ADC pada jarak 11 - 30 cm di dapatkan model grafik karakteristik tegangan sensor sharp GP2D12 seperti Gbr. 9 di bawah ini :



Gbr. 9 Grafik karakteristik tegangan output (Vo) sharp GP2D12

Pada Gbr. 9 menunjukkan grafik karakteristik tegangan output sensor sharp GP2D12. Dimana saat tegangan keluar dari sensor sebesar 2,4 volt, jarak yang dideteksi sensor sharp GP2D12 sejauh 11 cm. Sebaliknya, jika tegangan output sensor sebesar 1 volt, jarak yang dideteksi oleh sensor adalah

30 cm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar tegangan keluar dari sensor, maka semakin kecil jarak yang bisa dideteksi.

B. Pengujian dan Analisa Perangkat Keluaran (Output)

Pada tahap ini dilakukan pengujian dan analisa perangkat keluaran (output) pada driver motor L298 yang digunakan untuk mengontrol 2 buah motor yang digunakan untuk menggerakkan robot *wall follower*. Pada pengujian driver L298 dilakukan dengan memberi logika *high* atau *low* pada salah satu inputnya. Hasil pengujian driver L298 pada robot *wall follower* terlihat pada tabel berikut :

TABEL 2
PENGUJIAN DRIVER L298

Motor Kiri		Motor Kanan		Aksi Robot
M1	E1	M2	E2	
<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	Maju
<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	Mundur
<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	Belok kiri
<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	Belok Kanan
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	Berhenti

Keterangan :

M1 = Motor 1
M2 = Motor 2

E1 = Enable 1
E2 = Enable 2

Setelah dilakukan pengujian pada driver L298 didapatkan aksi robot *wall follower* terhadap pergerakan motor setelah diberi logika *high* ataupun *low*. Driver L298 memiliki prinsip kerja *H-Bridge* dan tiap *H-Bridge* menggunakan level tegangan yang diatur dengan pemberian logika *high* ataupun *low*. Oleh karena itu, dilihat pada tabel pengujian motor kiri atau motor kanan yang diberi logika *high* atau *low* pada M1, M2, E1, dan E2 terdapat perubahan gerak robot *wall follower* seperti aksi maju, aksi mundur, aksi belok kiri, aksi belok kanan dan aksi berhenti. Jadi, driver motor L298 sangat berpengaruh terhadap pergerakan motor DC pada robot *wall follower* dalam menelusuri dinding.

C. Pengujian Tuning PID

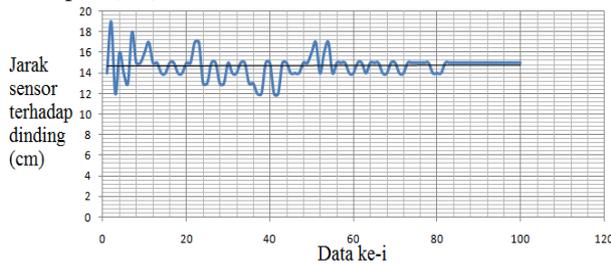
Pengujian tuning PID dilakukan sebanyak 5 kali dengan nilai masing - masing parameter berbeda setiap Kp, Ki, dan Kd. Pembuatan grafik pada pengujian tuning PID ini berasal dari pengambilan nilai keluaran sensor kiri atas sebagai sampel data untuk melihat kinerja PID robot *wall follower*. Dari data tersebut akan menampilkan grafik berupa hasil pembacaan jarak (cm) terhadap 100 data yang muncul dari perubahan nilai pembacaan jarak.

1) Pengujian Tuning PID dengan nilai Kp= 15, Ki= 5, dan Kd= 11.

Pengujian tuning PID ini dilakukan pada satu sensor yang terletak pada bagian kiri depan dengan nilai Kp= 15, Ki= 5, dan Kd= 11. Pengujian ini dilakukan menggunakan 100 sampel perubahan data yang diambil

dari nilai keluaran pembacaan jarak sensor pada setiap datanya.

Berikut ini bentuk grafik dari hasil keluaran nilai sensor kiri depan (A2) :

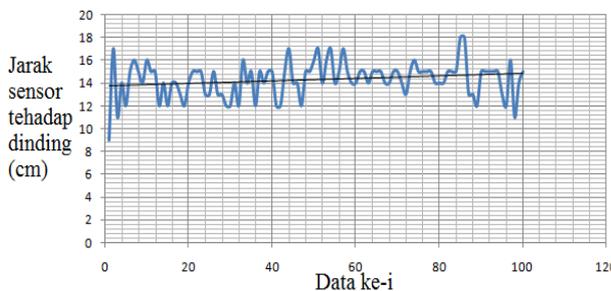


Gbr. 10 Grafik perubahan jarak sensor kiri depan terhadap $K_p= 15$, $K_i= 5$, dan $K_d= 11$

Pada Gbr. 10 di atas menunjukkan grafik perubahan pembacaan jarak pada sensor kiri depan (A2) terhadap $K_p= 15$, $K_i= 5$, dan $K_d= 11$. Pada grafik terlihat bahwa penggunaan nilai parameter K_p , K_i , dan K_d di atas menunjukkan bentuk grafik yang kurang stabil, masih banyak error, berosilasi dan untuk mencapai set point yang stabil sangat lama.

2) Pengujian Tuning PID dengan nilai $K_p= 14$, $K_i= 2$, dan $K_d= 6$.

Pengujian tuning PID ini dilakukan pada satu sensor yang terletak pada bagian kiri depan dengan nilai $K_p= 14$, $K_i= 2$, dan $K_d= 6$. Pengujian ini dilakukan menggunakan 100 sampel perubahan data yang diambil dari nilai keluaran pembacaan jarak sensor pada setiap datanya. Berikut ini bentuk tampilan dari hasil keluaran nilai sensor kiri depan (A2) :

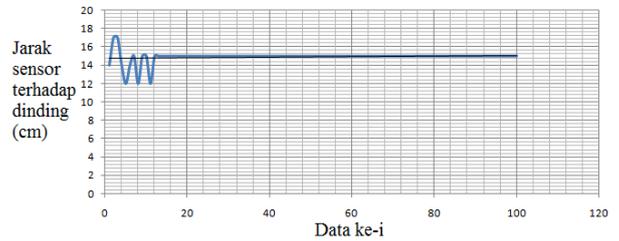


Gbr. 11 Grafik perubahan jarak sensor kiri depan terhadap $K_p= 14$, $K_i= 2$, dan $K_d= 6$

Pada Gbr. 11 di atas menunjukkan grafik perubahan pembacaan jarak pada sensor kiri depan (A2) terhadap $K_p= 14$, $K_i= 2$, dan $K_d= 6$. Pada grafik terlihat bahwa penggunaan nilai parameter K_p , K_i , dan K_d di atas menunjukkan bentuk grafik yang jauh dari stabil, masih banyak error, masih banyak osilasi, dan jauh dari set point.

3) Pengujian Tuning PID dengan nilai $K_p= 14$, $K_i= 2$, dan $K_d= 6$.

Pengujian tuning PID ini dilakukan pada satu sensor yang terletak pada bagian kiri depan dengan nilai $K_p= 6$, $K_i= 1$, dan $K_d= 3$. Pengujian ini dilakukan menggunakan 100 sampel perubahan data yang diambil dari nilai keluaran pembacaan jarak sensor pada setiap datanya. Berikut ini bentuk tampilan dari hasil keluaran nilai sensor kiri depan (A2) :



Gbr. 12 Grafik perubahan jarak sensor kiri depan terhadap $K_p= 6$, $K_i= 1$, dan $K_d= 3$

Pada Gbr. 12 di atas menunjukkan grafik perubahan pembacaan jarak pada sensor kiri depan (A2) terhadap $K_p= 6$, $K_i= 1$, dan $K_d= 3$. Pada grafik terlihat bahwa penggunaan nilai parameter K_p , K_i , dan K_d di atas menunjukkan bentuk grafik yang stabil, error jauh berkurang, osilasi tidak ada, dan stabil pada set point.

D. Pengujian kinerja tuning PID terhadap kondisi robot

Pada pengujian kinerja tuning ini dilakukan dengan melihat kondisi pada robot. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian dan kondisi robot terhadap masing - masing tuning PID :

TABEL 3
PENGUJIAN TUNING PID TERHADAP KONDISI ROBOT

K_p	K_i	K_d	Kondisi Robot
15	5	11	Respon robot lambat dan navigasi robot tidak stabil
14	2	6	Respon robot meningkat dan navigasi robot tidak stabil
4.5	0.5	7.5	Respon robot terlihat cepat dan navigasi robot sedikit stabil
6	1	3	Respon robot cepat dan navigasi robot stabil
20	10	15	Respon robot lambat dan navigasi kurang stabil

Dari hasil pengujian kondisi robot pada tabel di atas dapat dilihat pada penggunaan tuning PID dengan nilai $K_p = 6$, $K_i = 1$, dan $K_d = 3$ mendapatkan hasil yang baik dengan respon dan navigasi yang stabil pada robot. Hal ini disebabkan karena penggunaan nilai K_i yang tepat. jika nilai K_i lebih tinggi atau berlebihan maka dapat mengakibatkan kondisi robot yang kurang baik.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan serta analisa terhadap robot *wall follower* dengan metode *Proportional Integral Derivative*, dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Sensor dapat mendeteksi jarak ideal dengan menggunakan set point 15.
2. Secara keseluruhan, kinerja robot *wall follower* ini sudah stabil dibandingkan penelitian sebelumnya.
3. Dalam hal kontrol, untuk mendapatkan kondisi robot *wall follower* yang baik digunakan nilai $K_p = 6$, $K_i = 1$, dan $K_d = 3$.

B. Saran

Setelah menganalisa cara kerja sistem dan keluaran sistem, untuk penelitian dan pengembangan sistem ini selanjutnya, penulis menyarankan beberapa hal :

1. Program dapat dikembangkan lagi dengan cara membuat robot *wall follower maze* yang dapat mendeteksi jalur terpendek pada jalur labirin yang bersimpangan.
2. Pengujian robot *wall follower* dapat dilakukan lebih banyak lagi untuk mendapatkan hasil kondisi robot terbaik.
3. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan perhitungan yang lebih akurat dalam pemilihan mekanik robot. Seperti : ukuran roda motor, torsi motor, susunan sensor pada bodi robot, dan pembuatan bentuk lintasan.
4. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan modul wireless seperti zigbee untuk memudahkan dalam pengambilan data.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dan membimbing serta memberikan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih juga kepada dosen-dosen yang telah memberikan segudang ilmu kepada penulis selama ini. Semoga ilmu yang penulis dapatkan dari Bapak dan Ibu dapat berguna dimasa depan. Selanjutnya penulis ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis yang tak lelah-lelahnya memberikan semangat dan dorongan baik dari segi materi maupun non materi. Seterusnya penulis ucapkan terima kasih kepada teman-teman seperjuangan dan kepada teman-teman yang masih berjuang untuk menyelesaikan tugas akhir, penulis doakan agar teman-teman diberikan kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

REFERENSI

- [1] Fu, K.S. *et al.* 1987. *ROBOTICS : Control, Sensing, Vision and intelligence*. Newyork: McGraw-Hill, Inc.
- [2] Suyadhi, Taufik D.S. 2010 *Buku Pintar Robotika*. C.V Andi Offset. Yogyakarta
- [3] Budiharo, W. 2006. *Belajar Sendiri Membuat Robot Cerdas*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta
- [4] Budiharo, W. 2010. *Robotika, Teori, dan Implementasi*. C.V Andi Offset. Yogyakarta
- [5] Winarno & Arifianto, D. 2011. *Bikin Robot Itu Gampang*. PT Kawan Pustaka. Jagakarsa
- [6] <http://www.alatuji.com/kategori/300/sensor-jarak> Diakses pada 28 September 2013
- [7] Hidayat, L. 2011. *Perancangan Robot Pemadam Api Divisi Senior Berkaki*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. Yogyakarta.
- [8] Pitowarno, E. 2006. *Robotika Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*. C.V Andi Offset. Yogyakarta
- [9] <http://elektronika-dasar.web.id/artikel-elektronika/pengertian-dan-kelebihan-mikrokontroler/> Diakses Pada 28 September 2013
- [10] Hari Sasongko, Bagus. 2012. *Pemrograman dengan Mikrokontroler AVR ATMEGA8535 dengan Bahasa C*. Andi, Yogyakarta
- [11] Igoe, Tom. 2011. *Making Things Talk, 2nd Edition*. O'Reilly, California
- [12] Gallowey, David. 2012. *Microcontroller Arduino Uno*, <http://lifelifehacker.com/5965010/diy-shrimp-microcontroller-replicates-an-arduino-uno-at-one-fifth-the-price>. Diakses pada tanggal 21 Agustus 2013
- [13] http://arduino.or.id/hardware/detail_hardware/8 Diakses pada 30 Juni 2013
- [14] Sumanto, 1994. *Mesin Arus Searah*. C.V Andi Offset. Yogyakarta
- [15] Austin Hughes (2006), "Electric Motor and Drivers", Senior Fellow, School of Eletronic and Electrical Engineering, University of Leeds
- [16] Novendy, dkk. 2006. *Pengimplementasian Ultrasonic terhadap Mobile Robot sebagai Penjejak (Object Follower)*. Universitas Bina Nusantara.
- [17] Prayogo, R. 2012. *Pengaturan PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC*. Universitas Brawijaya Malang.
- [18] Ogata, Katsuhiko. 1993. *Teknik Kontrol Automatik-terjemahan* : Ir. Edi Laksono. Erlangga. Jakarta
- [19] Akbar, Arnas Elmiawan. 2012. *Implementasi Sistem Navigasi Wall Following Menggunakan Kontroler PID dengan Metode Tuning pada Robot Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) Divisi Senior Beroda*. Universitas Brawijaya