

# KONTROL ARAH GERAK 4 BUAH *OMNI WHEELS* PADA PENYEDOT DEBU DENGAN METODE PID SECARA *WIRELESS*

Zahrudin Arif S, Indrazno Siradjuddin, Edi Sulistio Budi

**Abstrak** – Robot ini berfungsi sebagai penyedot debu, menggunakan 4 buah motor sebagai aktuatornya, hal ini yang sering mengakibatkan ketidakstabilan arah hadap robot saat berubah arah gerak sesuai setpoint. Komponen utama dari alat ini terdiri dari sensor kompas yang dikendalikan oleh *Arduino mega* yang digunakan untuk menstabilkan arah hadap robot sesuai dengan setpoint yang diberikan oleh *joystick* yang akan mengirimkan perintah untuk pergerakan robot melalui komunikasi *wireless*. Penggunaan Roda *omni* pada robot ini untuk menambah efisiensi pergerakan robot karena Roda ini dapat berputar multi arah sehingga memungkinkan untuk berputar dan bergerak di ruang terbatas. Karena roda ini memiliki dua piringan tunggal, dan masing-masing piringan mempunyai empat rol. Penggunaan kontrol PID untuk mengurangi kesalahan, sehingga arah hadap robot saat bergerak sesuai dengan setpoint menggunakan metode kurva Reaksi Ziegler-Nichols. Kemudian dilanjutkan dengan metode *trial and error*. Hasil Parameter kontroler PID yang diperoleh Nilai  $K_p=66.67/5.0$ ,  $K_i=1.14/5.0$ ,  $K_d=0.028/5.0$  Dari hasil parameter tersebut Arah hadap robot sudah didapatkan stabil dengan nilai error dibawah batas toleransi sebesar 2%-5%.

**Kata Kunci**- Robot penyedot debu omni wheels,PID,Sensor kompas

## I. PENDAHULUAN

Saat ini, permasalahan utama yang dihadapi dalam pengendalian robot adalah masalah gerakan robot yang masih kurang halus dalam pergerakannya berhubungan dengan bagaimana robot bergerak sesuai dengan apa yang telah diperintahkan oleh pengguna, baik berupa perintah posisi, kecepatan dan percepatan dan hadap. Selain itu, untuk mengontrol sebuah robot, kebanyakan masih menggunakan kabel dan kurang efisien dalam penggunaannya. Sehingga pengguna (*user*) tersebut harus menggunakan kabel yang panjang sehingga dapat mengganggu gerak dari robot.

Zahrudin Arif Syahbana adalah Mahasiswa D4 Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email: rudisyahabana@gmail.com.

Indrazno Siradjuddin adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

Edi Sulistio budi adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.

Kontrol PID adalah kontroler berumpan balik yang paling populer di dunia industry. Selama lebih dari 50 tahun, kontroler PID dapat memberikan performa kontrol yang baik meski mempunyai algoritma sederhana dan mudah dipahami, terbukti dapat mempercepat reaksi system dan menghilangkan offset, namun hal krusial dalam desain kontroler PID ialah tuning atau pemberian parameter P, I, dan D agar mendapat respon yang diinginkan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Joystick

Joystick 2-Axis ini adalah modul yang dapat digunakan dengan Arduino/ rangkaian elektronika yang memerlukan masukan kendali gerak seperti pada aplikasi permainan, kendali penempatan motor servo, atau kendali masukan dua sumbu analog lainnya.

Joystick sumbu ganda (*bi-axial*) tipe ini adalah tipe yang sama dengan yang digunakan di gagang kendali analog pada konsol Sony Playstation 2. Tersambung dalam tombol dari plastik berkualitas tinggi ini adalah dua potensiometer tipe *metal rockery* yang teruji daya tahan dan responsivitasnya. Selain dapat membaca masukan gerakan pada 2 sumbu horisontal X dan Y secara presisi dan akurat, joystick ini juga dapat berfungsi sebagai tombol tekan pada sumbu-Z



Gambar 2.1 Analog Joystick

### 2.2 Modul komunikasi *Wireless* nRF24L1

Modul nRF24L01 adalah yang terbaru dalam modul RF dari SparkFun. Modul ini menggunakan transceiver 2.4GHz dari Nordic Semiconductor, yang nRF24L01 +. transceiver ini IC beroperasi di band 2.4GHz dan memiliki banyak fitur baru Ambil semua kesejukan nRF2401A dan menambahkan beberapa pipa tambahan, buffer, dan fitur auto-memancarkan kembali - sangat bagus. Dewan ini

memiliki konektor SMA terpolarisasi terbalik untuk rentang RF maksimum. Dan ada PA dan LNA sirkuit di papan, dengan antena eksternal dapat mencapai jarak jauh



Gambar 2.2 Modul Wireles nRF

2.3 Sensor kompas 3-Axis HMC5883L

Modul sensor HMC5883L adalah sebuah modul yang digunakan untuk menunjukkan arah mata angin digital, atau juga disebut kompas digital. Modul ini menggunakan komponen utama berupa IC HMC5883 yang merupakan IC kompas digital 3 axis yang memiliki interface berupa 2 pin I2C. HMC5883 memiliki sensor magneto-resistive HMC118X series ber-resolusi tinggi, ditambah ASIC dengan konten amplification, automatic degaussing strap driver, offset cancellation dan 12 bit ADC yang memungkinkan keakuratan kompas mencapai 1 sampai 2 derajat. Modul ini biasa digunakan untuk keperluan sistem navigasi otomatis, mobile phone, netbook dan perangkat navigasi personal.



Gambar 2.3 Sensor Kompas

2.4 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega2560 . Ini memiliki 54 digital pin input / output ( yang 15 dapat digunakan sebagai output PWM ) , 16 analog input , 4 UART ( hardware port serial ) , osilator kristal 16 MHz , koneksi USB , jack listrik , header ICSP , dan tombol reset . Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler ; hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau kekuasaan itu dengan adaptor AC -DC atau baterai untuk memulai . Mega 2560 papan kompatibel dengan sebagian perisai dirancang untuk Uno dan mantan papan Duemilanove atau Diecimila .



Gambar 2.4 Arduino Mega

2.5 Arduino Nano

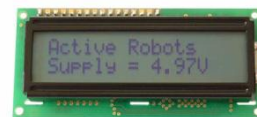
Arduino Nano adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang basis chip ATmega328P dengan bentuk yang sangat kecil. Secara fungsi tidak ada bedanya dengan Arduino Uno. Perbedaan utama terletak pada ketiadaan jack power DC dan penggunaan konektor mini-B USB. Disebut sebagai papan pengembang karena board ini memang berfungsi sebagai arena prototyping sirkuit mikrokontroler. Dengan menggunakan papan pengembang.



Gambar 2.5 Arduino Nano

2.6 LCD (Liquid Crystal Display ) 16x2

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan suatu alat yang digunakan sebagai tampilan display. Yang mana display yang ditampilkan LCD ialah data yang dikirimkan oleh sistem. Pada perancangan ini digunakan LCD 2x16 sehingga mempunyai konfigurasi 16 karakter dan 2 baris. Modul LCD Character ini dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler seperti ATmega 16. Berikut gambar LCD ditunjukkan pada gambar dibawah.

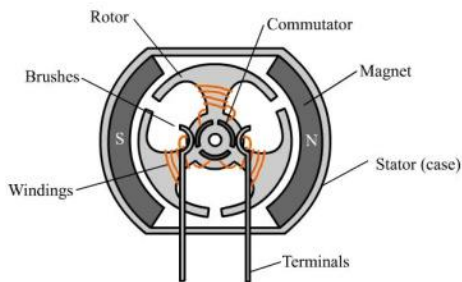


Gambar 2.6 LCD 16x2

2.7 Motor DC

Motor DC adalah motor yang digerakkan oleh energy listrik arus searah.salah satu jenis motor DC adalah Motor DC magnet permanen. Motor DC tipe ini banyak ditemui Penggunaannya baik di industry maupun di rumah tangga. Pada umumnya,

penggunaan motor DC jenis ini adalah untuk sumber-sumber tenaga yang kecil, seperti pada rumah tangga dan otomotif.



Gambar 2.7 Motor DC

2.8 Omni Wheels

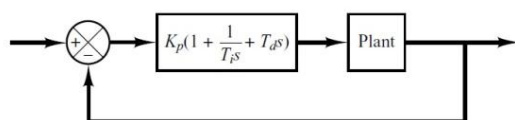
Omniwheel adalah roda dengan 2 derajat kebebasan. omniwheel tidak seperti roda biasa tetapi sebuah roda khusus. Omniwheel terdiri dari roda inti besar dan sepanjang periferal ada terdapat banyak roda kecil tambahan yang mempunyai poros tegak lurus pada roda inti, dan juga dikenal sebagai penggerak roda omni-directional atau omni-roda untuk jangka pendek, kadang-kadang ditulis sebagai omniwheel.



Gambar 2.8 Roda Omni Wheel 48mm

2.9 PID Kontrol

PID (*Proportional Integral Derivative*) *Controller* merupakan kontroler untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik / *feedback* pada system tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu *Proportional*, *Integratif*, dan *derivative*. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri – sendiri, tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu *plant*.

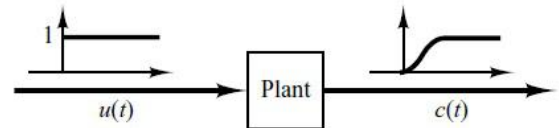


Gambar 2.9 Blok Diagram PID Controller

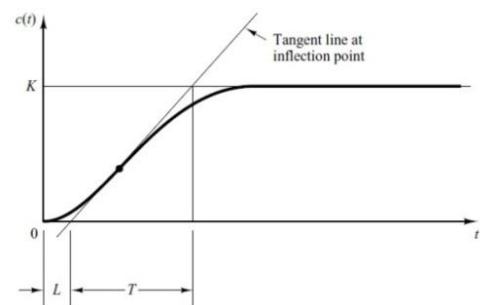
2.9.1 Metode Ziegler-Nichols Kurva Reaksi

Metode ini didasarkan terhadap reaksi sistem untai terbuka. Plant sebagai untai terbuka

dikenai sinyal fungsi tangga satuan. Kalau plant minimal tidak mengandung unsur integrator ataupun pole-pole kompleks, reaksi sistem akan berbentuk S. Gambar 2.11 menunjukkan kurva berbentuk S tersebut. Kelemahan metode ini terletak pada ketidakmampuannya untuk plant integrator maupun plant yang memiliki pole kompleks.



Gambar 2.10 Respon tangga satuan sistem



Gambar 2.11 Kurva Respons berbentuk S.

Kurva berbentuk-s mempunyai dua konstanta, waktu mati (dead time) L dan waktu tunda T. Dari gambar 2.16 terlihat bahwa kurva reaksi berubah naik, setelah selang waktu L. Sedangkan waktu tunda menggambarkan perubahan kurva setelah mencapai 66% dari keadaan mantapnya. Pada kurva dibuat suatu garis yang bersinggungan dengan garis kurva. Garis singgung itu akan memotong dengan sumbu absis dan garis maksimum. Perpotongan garis singgung dengan sumbu absis merupakan ukuran waktu mati, dan perpotongan dengan garis maksimum merupakan waktu tunda yang diukur dari titik waktu L.

Penyetelan parameter PID didasarkan perolehan kedua konstanta itu. Zeigler dan Nichols melakukan eksperimen dan menyarankan parameter penyetelan nilai  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  dengan didasarkan pada kedua parameter tersebut. Tabel 1 merupakan rumusan penyetelan parameter PID berdasarkan cara kurva reaksi.

seperti yang telah dilihat pada gambar 2.17 terdapat beberapa variabel yaitu  $M_u$ ,  $X_o$ , T dan  $T_{dead}$ . Variabel-variabel tersebut digunakan untuk mencari nilai  $K_o$ .

Untuk mencari nilai T dapat menggunakan perumpamaan gambar segitiga siku-siku. Namun sebelum membuat gambar segitiga siku-siku nilai titik tengah harus ditentukan terlebih dahulu. Nilai titik tengah dapat dicari menggunakan perhitungan sebagai berikut.

Tabel 2.1 Penyetelan paramater PID dengan metode kurva reaksi

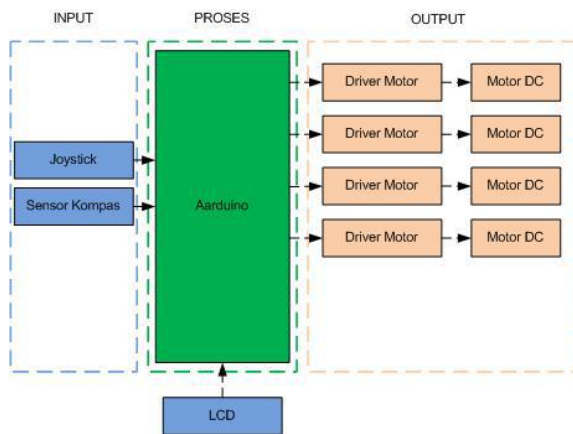
Type of Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

### III. METODOLOGI

#### 3.1 Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja robot ini adalah sebagai robot penyedot debu dalam ruangan, yang dapat dikendalikan dengan *joystick* secara wireless, untuk menjalankan robot ini diperlukan *joystick* untuk memberi *setpoint* berupa data sudut(x,y) yang akan di kirimkan ke arduino Mega secara wireless untuk diproses dan akan dibaca oleh sensor kompas(HMC5833L), apabila sudut hadap sudah memenuhi setpoint maka pergerakan selanjutnya adalah maju dan mundur.

Robot ini memiliki 4 buah motor DC menggunakan roda omni sebagai aktuaturnya, proses selanjutnya adalah hasil dari pergerakan arah hadap dari robot akan di tampilkan pada LCD.



Gambar 3.1 Diagram blok Hardware

Berikut adalah fungsi dari masing-masing blok diagram Sistem Kontrol diatas :

1. Arduino  
Sebagai kontrol kendali otomatis yang mengendalikan sistem untuk mengatur proses kerja dari robot.
2. Sensor kompas  
Sebagai sensor yang mendeteksi 4 arah mata angin.
3. Joystick  
Digunakan untuk memberi setpoint berupa sudut derajat.
4. LCD  
Untuk menampilkan data yang telah diproses berupa nilai actual dari sensor.
5. Motor Dc

#### Sebagai actuator

#### 3.2 Spesifikasi Alat

##### a. Spesifikasi Alat

- Tinggi : 25 cm
- Lebar : 40 cm
- Panjang : 40 cm
- Bahan : Almunium balok 1cm

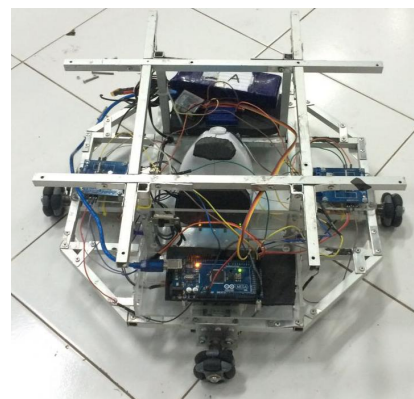
##### b. Sistem

- Kontroler :
  - Arduino Mega
  - Arduino pro mini
- Display : LCD 16x2
- Sensor : Kompas HMC5883L

#### 3.3 Perancangan dan Pembuatan Mekanik



Gambar 3.2 Robot penyedot Debu Tampak depan

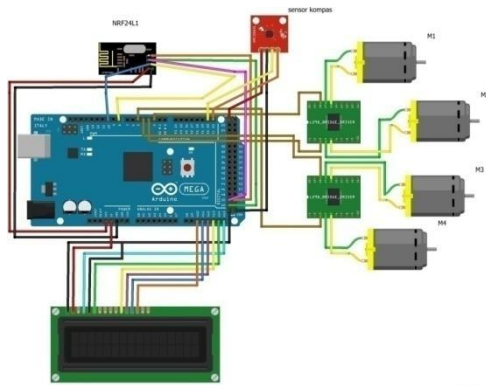


Gambar 3.3 Robot penyedot Debu Tampak Atas

#### 3.2 Perancangan dan Pembuatan Elektrik

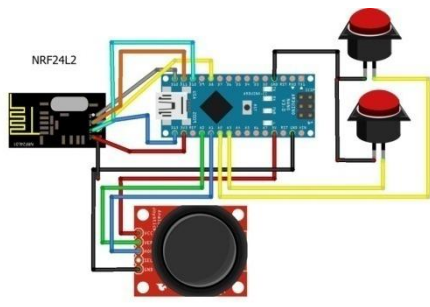
##### 3.2.1 Aplikasi Arduino Mega dan Nano

Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai mikrokontroler pada robot. Untuk memproses algoritma Data yang diterima dari sensor kompas dan joystick akan diklasifikasikan sebagai perintah untuk menggerakkan masing-masing motor DC sesuai dengan konfigurasi pergerakan dan arah hadap robot ini.



Gambar 3.4 Wiring Arduino Mega

Fungsi dari Arduino Pro Mini adalah sebagai Mikrokontroler pada joystick karna joystick menggunakan komunikasi wireless, sebagai pengirim sinyal perintah ke Mikrokontroler robot.

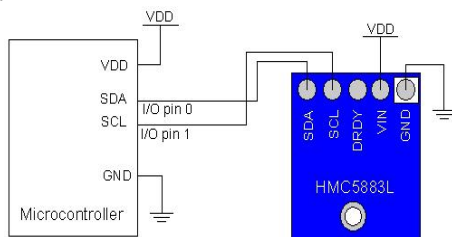


Gambar 3.5 Wiring Arduino Nano

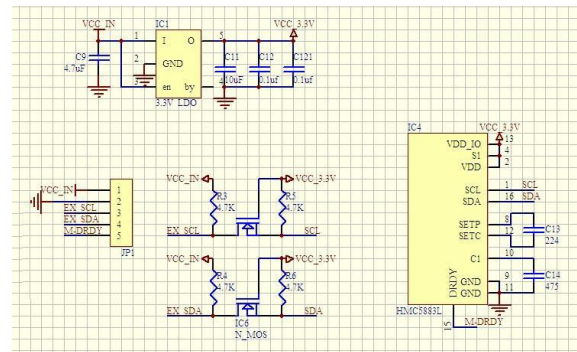
3.2.2 Aplikasi Sensor kompas 3-Axis HMC5883L

Sensor kompas pada robot ini berfungsi untuk membaca medan magnet bumi (4 arah mata angin) sebagai pembanding dari perubahan arah hadap robot agar stabil sesuai dengan setpoint yang diberikan.

Komunikasi protokol sensor kompas HMC5883L ini menggunakan komunikasi I2C, prinsip kerja dari komunikasi I2C sendiri merupakan cara komunikasi data secara serial diantara perangkat I2C dengan dua jalur. Pada protokol I2C, data dikirim secara serial melalui jalur SDA, sedangkan untuk clock dikirim melalui jalur SCL, Pada Arduino Mega sudah tersedia Pin SCD dan SDA.



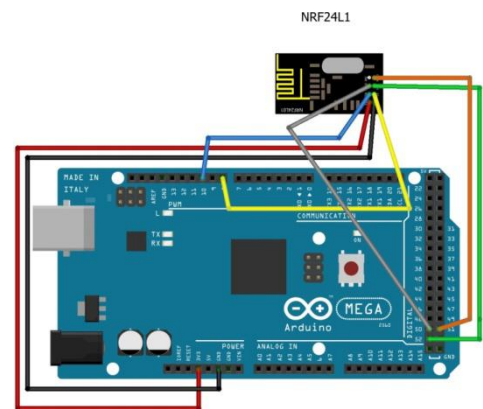
Gambar 3.6 Wiring Sensor Kompas



Gambar 3.7 Skematic Sensor Kompas

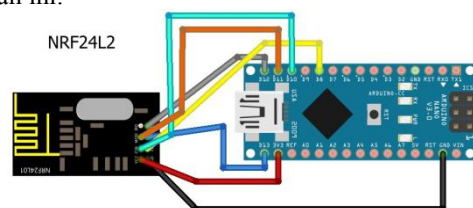
3.2.3 Aplikasi Wireless nRF24L01

Pada robot ini modul nRF ada dua buah, pada sebagai Transmitter (TX) dan Reciver (RX), dan menggunakan dua mikrokontroler, dapat dilihat pada gambar dibawah ini merupakan wiring modul nRF dengan mikrokontroler Arduino, dari setiap tipe Arduino memiliki letak pin SCK, MOSI dan MISO berbeda-beda, untuk Arduino mega letak pin MOSI pada pin 50 dan MISO berada pada pin 51 dan untuk pin SCK pada arduino mega terdapat pada pin 52, sedangkan untuk pin CE dan CSN di masukkan pada pin 8 dan 10 pada arduino mega, dapat dilihat di gambar di bawah ini.



Gambar 3.8 Wiring Modul Wireless nRF Arduino Mega

Untuk konfigurasi wiring Pin arduino nano sedikit berbeda dengan arduino mega yaitu pin MOSI pada pin D11 dan MISO berada pada pin D12 dan untuk pin SCK pada arduino nano terdapat pada pin D13, sedangkan untuk pin CE pada pin D8 dan CSN pada pin D10 di arduino nano, dapat dilihat di gambar di bawah ini.

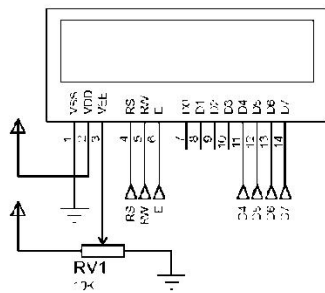


Gambar 3.9 Wiring Modul Wireless nRF Arduino Nano

### 3.2.4 Rangkaian LCD

LCD yang digunakan berukuran 16x2. Pin yang difungsikan adalah pin GND, VCC, RS, RW, E, D4, D5, D6, D7 Sedangkan variabel resistor pada rangkaian ini berfungsi untuk mengatur intensitas cahaya latar LCD. Berdasarkan datasheet, variabel resistor direkomendasikan pada nilai 10K sampai 20K. Sehingga pada rangkaian ini digunakan RV1 dengan nilai 10KΩ

Tujuan adanya LCD untuk menampilkan nilai pembacaan kompas dan sudut theta (setpoint), dari hasil tampilan LCD tersebut dapat dilihat nilai error dari sistem untuk memastikan bahwa sistem berjalan dengan stabil.

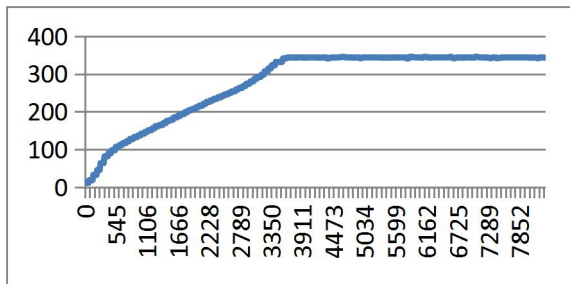


Gambar 3.10 Rangkaian LCD

### 3.7 Perancangan Software

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil respon dari plant yang dapat diperoleh secara *open loop* dengan cara memutar arah hadap robot dari 0° samapai 340°

Setelah mendapatkan respon dari plant berupa grafik maka selanjutnya akan dilihat nilai yang digunakan untuk memenuhi rumus darikurva reaksi.



Gambar 3.11 Pengambilan Respon Awal dari Plant

Pada gambar diatas merupakan respon dari sistem yang di dapat dari percobaan menggunakan sistem *open loop*. Berdasarkan gambar tersebut di dapatkan nilai  $T_{dead} = 57$  s merupakan lama waktu yang dibutuhkan saat gangguan. nilai  $M_u = 344$  merupakan nilai akhir yang mencapai respon pada kondisi stabil  $X_o = 345$  merupakan nilai perubahan dari sistem. Nilai  $T=3158$ . dan  $K_o = 55.564$  dan selanjutnya nilai dari  $K_o$  dapat digunakan untuk

melengkapi nilai dari rumus perhitungan kurva reaksi.

Beikut ini adalah hasil perhitungan sesuai dengan (Table 2.4):

$$K_p = 1.2. K_o = 1.2 \times 55.564 = 66.677 \quad (1)$$

$$K_i = 2 t_{dead} = 2 \times 57 = 1.14 \quad (2)$$

$$K_d = 0.5. t_{dead} = 0.5 \times 57 = 0.0285 \quad (3)$$

## IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

### 4.1 Pengujian Motor DC dengan driver motor

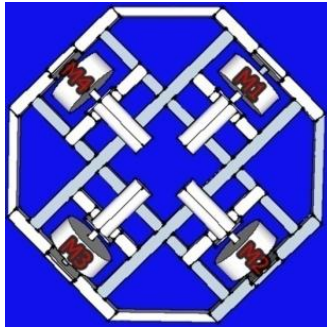
Pengujian rangkaian driver dan motor dc bertujuan untuk memeriksa tegangan masukan dan keluaran driver motor.serta memeriksa setiap jalur komponen yang terpasang pada rangkaian dengan menggunakan multimeter apakah sudah terhubung dengan benar dan baik.

Tabel 4.1 Tabel tegangan keluaran dari driver motor

Range (%)	PWM	Tegangan Keluaran (V)
0	0	0
10	60	3.4
20	80	4.8
30	100	6.8
40	120	8.2
50	140	8.9
60	160	9.2
70	180	9.4
80	200	9.6
90	220	10.1
100	255	12

### 4.2 Pengujian Konfigurasi Pergerakan Robot

Robot ini memiliki 4 buah motor dc, tujuan dari pengujian pergerakan robot ini adalah untuk mengetahui cara penentuan arah putar masing-masing motor sehingga robot mampu bergerak sesuai arah yang dituju, dapat dilihat pada gambar dibawah ini merupakan desain mekanik motor dan roda omni pada robot.



Gambar 4.1 Mekanik Letak Motor

Berikut adalah Tabel hasil dari pengujian konfigurasi pergerakan robot:

Tabel 4.2 Konfigurasi pergerakan robot terhadap actuator

Simbol	Arah Gerak	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
	Maju	CW	CW	CCW	CCW
	Mundur	CCW	CW	CW	CW
	Putar Kanan	CW	CW	CW	CW
	Putar Kiri	CCW	CCW	CCW	CCW

### 4.3 Pengujian Sensor Kompas

Pengujian sensor kompas HMC5883L dilakukan untuk menganalisa kerja sensor kompas yang dipakai dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor kompas dengan aplikasi sensor kompas digital pada android sehingga nilai *error* pada sensor kompas HMC5883L bisa diketahui.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Sensor Kompas

kompas android (degree)	sensor kompas (degree)	Error(%)
0	0	0.0
10	10	0.0
20	18	0.6
30	20	2.8
40	30	2.8
50	42	2.2
60	54	1.7
70	65	1.4
80	74	1.7
90	87	0.8
100	100	0.0
110	110	0.0

120	122	-0.6
130	135	-1.4
140	145	-1.4
150	160	-2.8
160	172	-3.3
170	184	-3.9
180	195	-4.2
190	207	-4.7
200	220	-5.6
210	230	-5.6
220	237	-4.7
230	246	-4.4
240	254	-3.9
250	262	-3.3
260	270	-2.8
270	277	-1.9
280	287	-1.9
290	292	-0.6
300	302	-0.6
310	308	0.6
320	316	1.1
330	325	1.4
340	332	2.2
350	342	2.2
360	348	3.3
rata-rata		0.9

Perhitungan nilai presentase *error* sangat diperlukan untuk menentukan sensor dapat bekerja dengan baik atau tidak. Perhitungan nilai *error* untuk pengujian sensor kompas HMC5883L adalah dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\% Error = \left| \frac{Kompas Android - Sensor Kompas}{360^\circ} \right| \times 100\% \quad (4)$$

### 4.4 Pengujian LCD 16x2

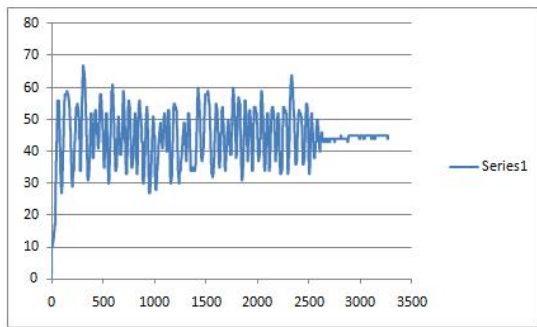


Gambar 4.2 hasil pengujian rangkaian LCD

Pengujian rangkaian LCD dilakukan dengan menghubungkan rangkaian LCD dan arduino. Kemudian menampilkan karakter pada LCD melalui program yang dijalankan pada arduino

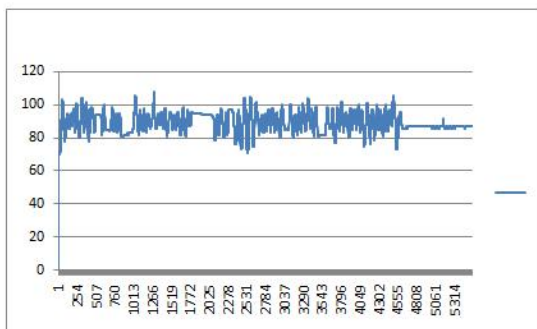
4.5 Pengujian Kontrol PID Kurva Reaksi

Sesuai dengan perhitungan pada perancangan kontrol PID, maka hasil yang di dapatkan berupa nilai nilai  $K_p = 66.67$  dan  $K_i = 1.14$   $K_d = 0.028$  Dan selanjutnya nilai tersebut akan dimasukkan pada kontrol melalui program di mikrokontroler Arduino, respon yang di dapatkan :



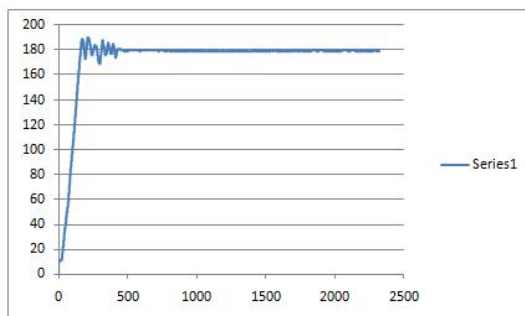
Gambar 4.3 grafik hasil pengujian PID 45 derajat

1. Waktu settling (Ts) : 2845 ms
2. *Error steady state* (Ess) :  $\frac{44-45}{45} \times 100\% = 2.22\%$



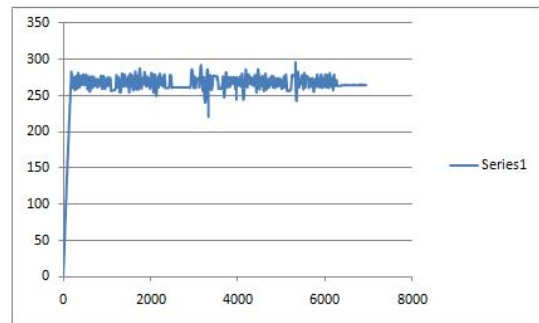
Gambar 4.4 grafik hasil pengujian PID 90 derajat

1. Waktu settling (Ts) : 4570 ms
2. *Error steady state* (Ess) :  $\frac{87-90}{90} \times 100\% = 3.33\%$



Gambar 4.5 grafik hasil pengujian PID 179 derajat

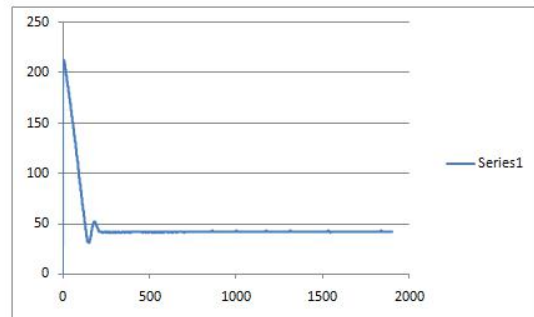
1. Waktu settling (Ts) : 413 ms
2. *Error steady state* (Ess) :  $\frac{180-179}{179} \times 100\% = 0.55\%$



Gambar 4.6 grafik hasil pengujian PID 269 derajat

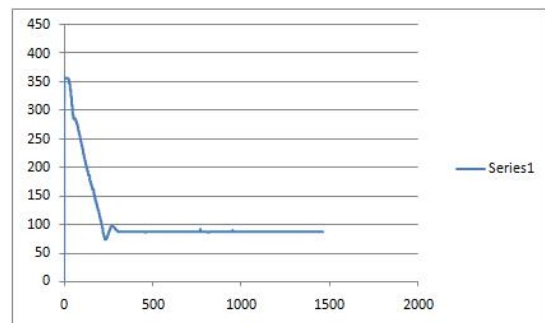
1. Waktu settling (Ts) : 6233 ms
2. *Error steady state* (Ess) :  $\frac{265-269}{269} \times 100\% = 1.48\%$

Dari grafik hasil percobaan menggunakan metode kurva reaksi diatas dapat diketahui secara pasti bahwa metode ini kurang tepat untuk menstabilkan arah hadap gerak robot, karena tidak dapat diketahui secara pasti peak time (tp), dan settling time (ts) yang terlalu lama oleh karena itu akan dilakukan percobaan *trial error*.



Gambar 4.7 grafik hasil pengujian PID trial error 45 derajat

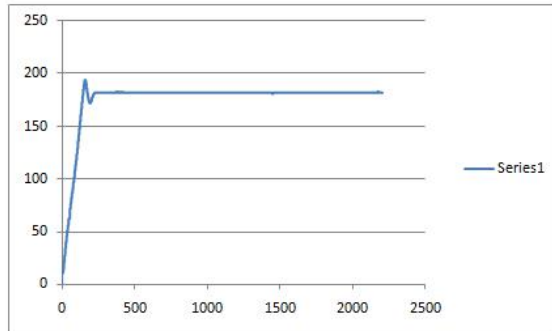
1. Waktu puncak (Tp) : 137 ms
2. Waktu settling (Ts) : 199 ms
3. *Error steady state* (Ess) :  $\frac{42-45}{45} \times 100\% = 6.67\%$



Gambar 4.8 grafik hasil pengujian PID trial error 90 derajat

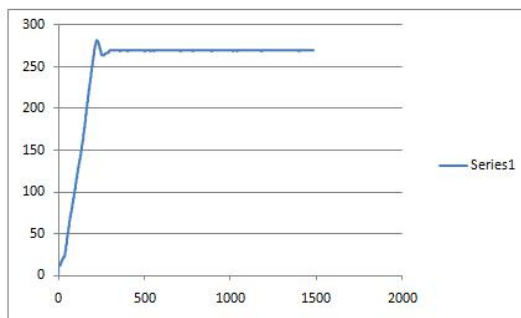


1. Waktu puncak ( $T_p$ ) : 225 ms
2. Waktu settling ( $T_s$ ) : 265 ms
3. *Error steady state* ( $E_{ss}$ ) :  $\frac{87-90}{90} \times 100\% = 3.33\%$



Gambar 4.9 grafik hasil pengujian PID trial error 179 derajat

1. Waktu puncak ( $T_p$ ) : 153 ms
2. Waktu settling ( $T_s$ ) : 211 ms
3. *Error steady state* ( $E_{ss}$ ) :  $\frac{182-179}{179} \times 100\% = 1.67\%$



Gambar 4.10 grafik hasil pengujian PID trial error 269 derajat

1. Waktu puncak ( $T_p$ ) : 219 ms
2. Waktu settling ( $T_s$ ) : 305 ms
3. *Error steady state* ( $E_{ss}$ ) :  $\frac{270-269}{269} \times 100\% = 0.37\%$

Dari hasil pengujian pada gambar 4.7- 4.8- 4.9- 4.10 dapat disimpulkan bahwa menggunakan kontrol P I D dengan nilai  $K_p=66.67/5.0$ ,  $K_i=1.14/5.0$ ,  $K_d=0.028/5.0$  lebih stabil.

## V. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

1. Motor yang digunakan robot ini membutuhkan nilai PWM 60 untuk *starting*, karna membutuhkan nilai PWM yang besar maka mempengaruhi robot saat berpindah hadap sedikit karna putaran motor dengan PWM besar dapat menimbulkan *overshoot*.
2. medan magnet di sekitar sangat mempengaruhi pembacaan sensor kompas

dikarenakan sensor kompas ini sangat sensitif terhadap medan magnet.

3. Saat pengambilan respon awal, pembacaan sensor kompas di batasi sampai  $450^\circ$  apabila tidak dibatasi maka arah gerak robot akan berputar terus sesuai dengan pembacaan sensor kompas.

### 5.2. Saran

Rancangan yang telah dibuat ini masih perlu adanya perbaikan agar dapat bekerja secara optimal. Ada beberapa hal yang direkomendasikan untuk pengembangan lebih lanjut diantaranya:

1. Sebaiknya menggunakan motor yang mampu starting di PWM rendah
2. Untuk Pengembangan selanjutnya, di fokuskan pada mesin penyedot debu nya dikarenakan pada robot ini mesin penyedot debu nya masih on off.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]Aydan, Mohammad Habib. 2015. *Implementasi Kontrol Pid Pada Motor Dc Sebagai Penggerak Robot Beroda 4wd Omni Wheels Dengan Metode Wall Following*. Skripsi Teknik elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang
- [2] Bimatara Tidar Naula.2015. Implementasi Kontrol PID pada Pengaturan Suhu untuk Perebusan Kedelai dalam Proses Pembuatan Tempe. Skripsi Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik negeri malang.
- [3] Katsuhiko Ogata. 2010. MODERN CONTROL ENGINEERING. FIFTH EDITION.
- [4] Katsuhiko Ogata. 2002. MODERN CONTROL ENGINEERING. FOURTH EDITION.