

# Implementasi *Propotional Integral Derivative* (PID) Control System Pada 2 Degree of Freedom (Dof) Mobil Remote Control (RC) Simulator

Dicky Kurniawan  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Merdeka Malang  
Kota Malang, Indonesia  
dickykn@gmail.com

Dwi Arman Prasetya  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Merdeka Malang  
Kota Malang, Indonesia  
arman.prasetya@unmer.ac.id

Wahyu Dirgantara  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Merdeka Malang  
Kota Malang, Indonesia  
wahyudirgantara776@yahoo.co.id

**Abstrak**— Merasakan sensasi berkendara dengan mobil RC dapat dilakukan dengan membuat sebuah alat berupa kursi simulator 2 DOF dengan kontrol PID. Tujuan menggunakan kontrol PID pada kursi simulator adalah menentukan kecepatan motor dc sehingga mendapatkan ketepatan sudut kursi sehingga menghasilkan gerakan *pitch* dan *roll* yang sama dengan mobil RC. pengendalian motor *wiper* menggunakan metode PID berupa PWM dengan nilai  $K_p=2$ ,  $K_i=5$  dan  $K_d=1$ , didapatkan pergerakan kursi kendali dengan nilai *error* terkecil -33,3% dan terbesar 233,3% ketika menyesuaikan dengan kemiringan mobil RC sedangkan hasil gerakan *pitch* dan *roll* didapatkan dari kemiringan sudut yang dihasilkan sensor akselerometer.

**Kata kunci**— Mobil RC; 2 DOF; Kontrol PID.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan ilmu teknologi, banyak inovasi pembuatan alat baru yang diciptakan supaya dapat memudahkan pekerjaan seseorang. Dimana dalam era modernisasi saat ini, teknologi menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari, hal ini dicontohkan seperti Instrumentasi dan kontrol industri untuk keperluan pabrik. Sistem kontrol pada pabrik tidak lagi manual seperti dahulu, tetapi saat sekarang ini telah dibantu dengan perangkat kontroler sehingga dalam proses produksinya bisa lebih efisien dan efektif.

PID 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 *variable* proses terukur. Pada sistem yang akan dibuat PID digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor berupa nilai pwm agar tepat menuju sudut tertentu yang akan ditentukan[1].

2 DOF merupakan sistem yang membutuhkan dua buah koordinat bebas untuk menentukan arah yang akan digunakan. 2 DOF dalam hal ini gerakan *roll* mengarah kekanan dan ke kiri sedangkan gerakan *pitch* mengarah kedepan dan kebelakang. fungsi 2 DOF mengendalikan gerakan *pitch* dan gerakan *roll* supaya bisa membuat gerakan *roll* dan *pitch*[2].

Mobil RC merupakan miniatur mobil dengan ukuran yang lebih kecil dikendalikan langsung oleh *remote control* atau dengan menggunakan modul *transmitter* sebagai media komunikasi. Mobil RC sebagai simulasi kendaraan yang akan digunakan[3].

Dari penjelasan diatas penelitian ini fokus pada pengendalian sudut kursi dalam mengikuti kemiringan mobil RC. Sehingga bermaksud untuk membuat kontrol yang bisa merasakan sensasi dari mobil RC dengan menambahkan Simulator agar dapat merasakan sensasi berkendara yang akan di implementasikan menggunakan PID. alat yang akan dibuat adalah kontrol sistem pada 2 DOF mobil RC simulator dengan penerapan PID, sehingga didapatkan judul tugas akhir "Implementasi *Propotional Integral Derivative* (PID) Kontrol Sistem Pada 2 Degree Of Freedom (DOF) Mobil Remote Control (RC) Simulator". Alat ini nantinya dapat digunakan hampir semua kalangan mulai dari anak-anak hingga orang dewasa sebagai media hiburan.

### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang Masalah yang dihadapi dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana menggunakan metode PID untuk mengendalikan kecepatan motor.
2. Bagaimana mengendalikan gerakan *Pitch* dan *Roll* pada kursi kendali sesuai dengan gerak mobil RC.

### C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang akan dibahas tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat menggunakan metode PID untuk mengendalikan kecepatan motor.
2. Dapat mengendalikan gerakan *Pitch* dan *Roll* pada kursi kendali sesuai dengan gerak mobil RC.

## II. METODOLOGI

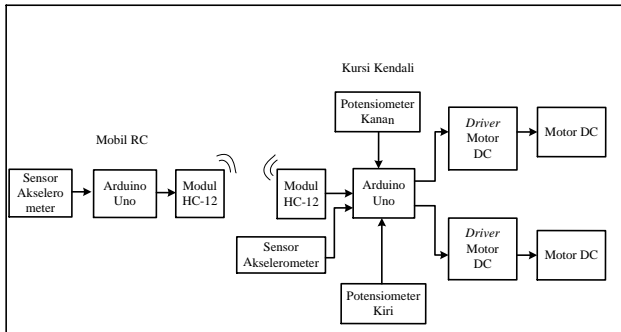
### A. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini sudut kemiringan mobil RC ketika mobil RC miring

ke kanan maka kursi kendali mengikuti sudut kemiringan pergerakan dari mobil RC tersebut.

**B. Perancangan Alat**

Blok diagram yang digunakan untuk rancangan awal dari alat tugas akhir ini. Kemudian langkah selanjutnya adalah perancangan alat dari kontrol sistem pada 2 DOF mobil RC dan Kursi Kendali yang terdiri dari Mobil RC, Sensor Akselerometer, Arduino Uno, Modul HC-12, Modul HC-12, Sensor Akselerometer, Arduino Uno, Potensiometer, *Driver Motor* dan *Wiper Motor* ditunjukkan pada Gambar 2.1.

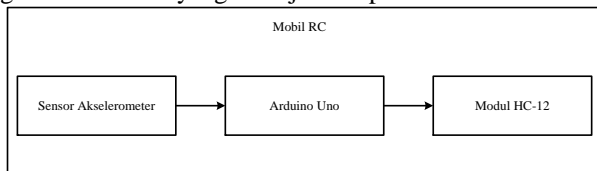


**Gambar 1.** Blok Diagram Perancangan Alat

Pada Gambar 1. sensor akselerometer mengirim data kemiringan sudut pada Arduino Uno setelah diolah datanya, data kemiringan tersebut dikirimkan ke Kursi Kendali melalui Modul HC-12. Modul HC-12 menerima data kemiringan sudut dari Mobil RC dan sensor akselerometer adalah *inputan* bagi Arduino Uno yang memberikan data sudut pada Kursi Kendali setelah itu potensiometer mengirim data pembaca sudut putaran ke Arduino Uno setelah data kemiringan sudut dan data pembaca sudut putaran diterima oleh Arduino Uno datanya akan diproses setelah itu data tersebut akan dikirimkan ke *Driver Motor* DC setelah diterima *driver motor* akan mengirimkan data untuk menggerakkan *Wiper Motor* sesuai gerakan dari Mobil RC tersebut.

**1. Blok Diagram Mobil RC**

Untuk mempermudah perancangan alat diperlukan blok diagram Mobil RC yang ditunjukkan pada Gambar 2

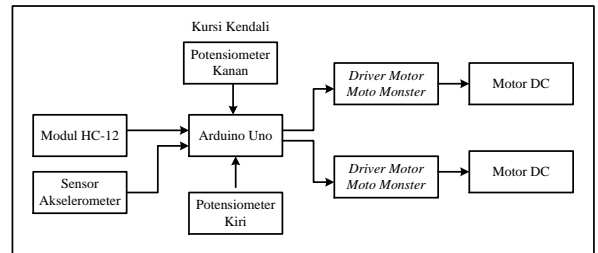


**Gambar 2.** Blok Diagram Pada Mobil RC

Pada Gambar 2. sensor akselerometer mengirim data kemiringan sudut pada Arduino Uno setelah diolah datanya, data kemiringan tersebut dikirimkan ke Kursi Kendali melalui Modul HC-12. Sensor Akselerometer sebagai pengukur kemiringan sudut pada Mobil RC, Arduino Uno sebagai mikrokontroler pengolah data dan pengirim data, Modul HC-12 sebagai pengirim sinyal di Mobil RC.

**2. Blok Diagram Kursi Kendali**

Untuk mempermudah perancangan alat diperlukan blok diagram Kursi Kendali yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Diagram Blok Kursi Kendali

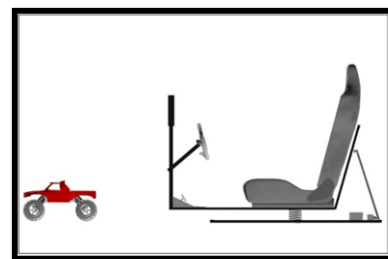
Pada Gambar 3. Modul HC-12 menerima data kemiringan sudut dari Mobil RC dan sensor akselerometer adalah *inputan* bagi Arduino Uno yang memberikan data sudut pada Kursi Kendali setelah itu potensiometer mengirim data pembaca sudut putaran ke Arduino Uno setelah data kemiringan sudut dan data pembaca sudut putaran diterima oleh Arduino Uno datanya akan diproses setelah itu data tersebut akan dikirimkan ke *Driver Motor* Motor DC setelah diterima *driver motor* akan mengirimkan data untuk menggerakkan *Wiper Motor* sesuai gerakan dari Mobil RC tersebut. Modul HC-12 sebagai penerima sinyal, Arduino Uno sebagai mikrokontroler pengolah data dan pengirim data, Potensiometer sebagai pembaca sudut putaran Motor DC, *Driver Motor* untuk menggerakkan *Wiper Motor*.

**C. Perancangan Hardware**

Dalam perancangan *hardware* terdapat beberapa komponen yang harus disusun untuk dapat mengontrol Mobil RC dan Kursi Kendali, perancangan tersebut antara lain:

**1. Rancangan Wiper Motor**

Demi memenuhi kebutuhan 2 DOF pada simulator maka rancangan *wiper motor* dirakit sedemikian rupa menggunakan komponen *wiper motor* sebagai penggerak pada sistem simulator kontrol sistem 2 DOF mobil RC. Ilustrasi *Wiper motor* dapat dilihat pada Gambar 4.

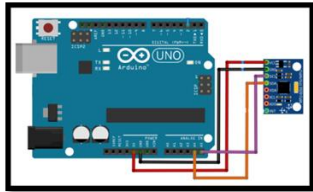


**Gambar 4.** Ilustrasi *Wiper Motor*

Pada Gambar 4. diatas ini ilustrasi *wiper motor* untuk penggerak kursi kendali yang mengikuti gerakan dari mobil RC.

## 2. Wiring Arduino Uno dan Sensor Akselerometer

Wiring Arduino uno dan sensor akselerometer merupakan pengkabelan antara arduino dan sensor akselerometer difungsikan untuk melakukan pengukuran tingkat kemiringan pada mobil RC. Mengambil data pengukuran menggunakan sensor akselerometer akan diproses untuk mengontrol pergerakan dari *wiper* motor Arduino uno dan sensor akselerometer yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 5.

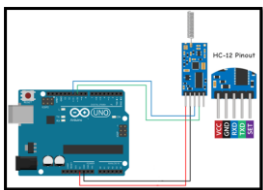


Gambar 5. Wiring Arduino Uno dengan Sensor Akselerometer

Pada Gambar 5 diatas ini *Wiring* Arduino Uno dengan Sensor Akselerometer pin VCC pada sensor akselerometer dihubungkan ke pin VCC Arduino Uno, pin GND pada sensor akselerometer dihubungkan ke pin GND Arduino Uno, pin SCL pada sensor akselerometer dihubungkan ke pin A5 Arduino Uno dan pin SDA pada sensor akselerometer dihubungkan ke pin A4 Arduino Uno.

## 3. Wiring Arduino Uno dan Modul HC-12

Wiring Arduino Uno dan Modul HC-12 merupakan pengkabelan antara Arduino dan HC-12 difungsikan untuk mengirim sinyal data sensor akselerometer yang telah diproses di arduino dikirimkan ke kursi kendali. Modul HC-12 digunakan sebagai *Transmitter* dan *Receiver* dari sensor *accelerometer* ke Arduino dan sebaliknya, dikarenakan posisi kedua alat yang terpisah. *Wiring* Arduino Uno dan Modul HC-12 yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 6.



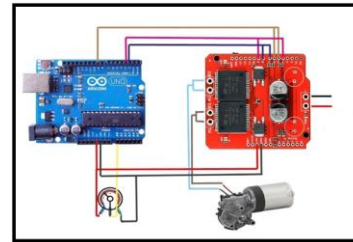
Gambar 6. Wiring Arduino Uno dengan Modul HC-12

Pada Gambar 6. diatas ini *Wiring* Arduino Uno dengan Modul HC-12 pin VCC pada Modul HC-12 dihubungkan ke pin VCC Arduino Uno, pin GND pada Modul HC-12 dihubungkan ke pin GND Arduino Uno, pin RXD pada sensor akselerometer dihubungkan ke pin 11 Arduino Uno sebagai penerima dan pin TXD pada Modul HC-12 dihubungkan ke pin 10 Arduino Uno sebagai pengirim.

## 4. Wiring Arduino Uno dan Driver Motor DC

Wiring arduino dan *Driver* Motor DC merupakan pengkabelan antara arduino dan *Driver* Motor DC yang difungsikan untuk menggerakkan sistem 2 DOF simulator

kontrol sistem 2 DOF pada mobil RC. Pergerakan *wiper* motor disesuaikan dari sensor akselerometer yang menghasilkan gerakan *Pitch* dan *Roll* dan diproses oleh arduino sesuai dengan program yang telah *diinput* sehingga pergerakan *wiper* motor 2 DOF disesuaikan dengan kemiringan sensor *Wiring* Arduino Uno dengan *Driver* Motor DC yang digunakan akselerometer yang dipasang pada mobil RC. ditunjukkan pada Gambar 7.

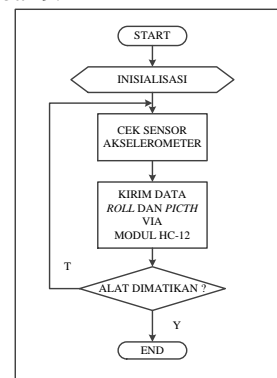


Gambar 7. Wiring Arduino Uno dengan *Driver* Motor DC

Pada Gambar 7. diatas ini *Wiring* Arduino Uno dengan *Driver* Motor DC pin VCC pada *Driver* Motor DC r dihubungkan ke pin VCC Arduino Uno, pin GND pada *Driver* Motor DC dihubungkan ke pin GND Arduino Uno, pin 7 dan pin 8 pada *Driver* Motor DC dihubungkan ke pin 2 Arduino Uno sebagai Motor 1, pin 4 dan pin 9 pada *Driver* Motor DC dihubungkan ke pin 3 pada Arduino Uno sebagai Motor 2, pin 5 dan pin 6 pada *Driver* Motor DC ke pin 9 pada Arduino Uno sebagai PWM, pin A0 dan A1 pada Arduino Uno ke potensiometer sebagai pembaca sudut putaran motor DC, pin A1 dan B1 pada *Driver* Motor DC ke Motor *Wiper* 1 dan pin A2 dan B2 pada *Driver* Motor DC ke Motor *Wiper* 2. pin *Positif* dan *Negatif* pada *Driver* Motor DC dihubungkan ke *power supply* untuk tegangannya.

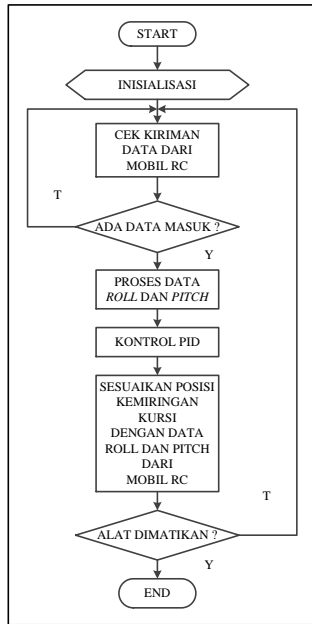
## D. . Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak untuk mengatur cara kerja kontrol sistem 2 DOF mobil RC simulator, proses dilakukan dengan cara mengukur tingkat kemiringan pada mobil RC kemudian nilai yang diperoleh, digunakan sebagai sinyal penggerak pada *wiper* motor dikursi kendali. Terdapat dua sistem yang pertama sistem pada Mobil RC dan kedua sistem pada Kursi Kendali. *Flowchart* pada Mobil RC dapat dilihat pada Gambar 8. dan *flowchart* pada Kursi Kendali dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. *Flowchart* pada Mobil RC

Pada Gambar 8. *flowchart* pada Mobil RC dimulai masuk inialisasi tahap penamaan pin-pin yang digunakan setelah itu cek sensor akselerometer masuk ke kirim data *Roll* dan *Pitch* via modul HC-12 dilanjutkan ke alat dimatikan jika tidak ada data yang masuk maka program akan mengulangi proses dari awal dan jika ada data yang masuk maka program tersebut mengirimkan data ke kursi kendali setelah itu dimatikan selesai.



Gambar 9. Flowchart pada Kursi Kendali

Pada Gambar 9. *flowchart* pada kursi kendali dimulai masuk inialisasi tahap penamaan pin-pin yang digunakan setelah itu cek kiriman data dari mobil RC apakah ada data masuk jika tidak mengulangi proses dari awal, jika iya akan memproses data *roll* dan *pitch* menggunakan kontrol PID setelah itu sesuaikan posisi kemiringan kursi dengan data *roll* dan *pitch* dari mobil RC, dilanjutkan ke alat dimatikan jika tidak maka program akan mengulangi proses dari awal dan jika iya program dimatikan selesai. Kontrol PID yang diaplikasikan pada alat yang dirancang menggunakan rumus yang ditunjukkan dibawah ini.

$$Output = Kp e(t) + Ki \int e(t) dt + Kd \frac{d}{dt} e(t) \quad (2.1)$$

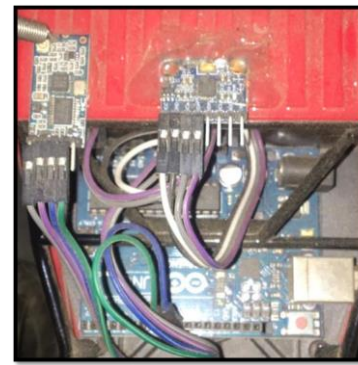
Dimana nilai *e* adalah *error* yang merupakan selisih antara nilai *set point* dengan nilai saat ini. *Input* yang digunakan dalam penelitian ini adalah kemiringan sudut.

### III. HASIL DAN ANALISA

#### A. Hasil Pengujian Sensor Akselerometer

Sensor akselerometer MPU6050 berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi suatu sudut pada Mobil *Remote Control* (RC). Sensor ini digunakan untuk mendeteksi sudut

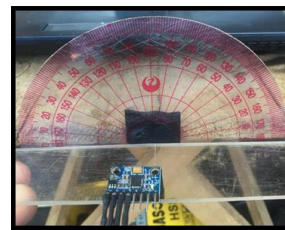
*pitch* dan *roll*. Rangkaian pengujian sensor akselerometer ditunjukkan pada Gambar 10. berikut.



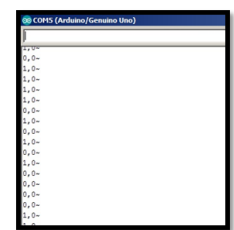
Gambar 10. Rangkaian Pengujian Sensor Akselerometer Pada Arduino Uno

Pada Gambar 10. diatas ini menunjukkan rangkaian sensor akselerometer pada Arduino Uno di Mobil RC.

Pada Mobil RC didapatkan nilai *roll* dan *pitch* di serial monitor yang ditunjukkan pada Gambar 11. sebagai berikut.



(A)



(B)

Gambar 11. Sudut sensor akselerometer (A) pada Serial Monitor (B)

Pada Gambar 11. diatas menunjukkan sudut akselerometer dalam kondisi datar dan di *serial monitor* nilai *pitch* disebelah kiri dan *roll* disebelah kanan adalah 0. Hasil pengujian Sensor Akselerometer akan diberikan pada Tabel 1. dibawah ini yang diambil dari pengujian seperti pada gambar Gambar 1. berikut.

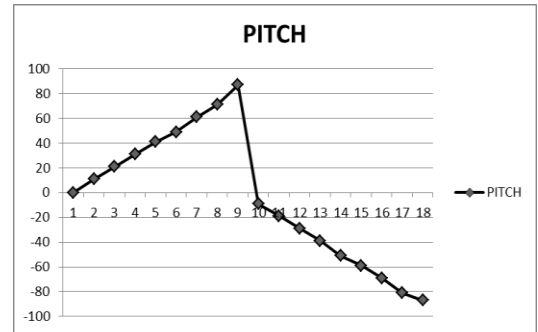
Dari Tabel 1. diatas ini di ketahui bahwa setiap masing-masing sumbu menghasilkan nilai yang berbeda yang dikonversi menjadi bentuk sudut dimana sudut sumbu *x* mempengaruhi nilai *roll* sedangkan sudut sumbu *y* pada mobil rc mempengaruhi sudut *pitch*. *Pitch* dan *Roll* adalah dua sumbu yang saling berkaitan sehingga ketika melakukan perubahan sudut pada sumbu *x* maka terdapat sedikit perubahan pada sumbu *pitch*. sudut kemiringan *roll* dan *pitch* menghasilkan nilai *error* terkecil -10% dan terbesar 10%.

Tabel 1. Tabel Hasil Pengujian Sensor Akselerometer

No	Sudut Mobil RC	Sudut Roll	Error Roll	Sudut Pitch	Error Pitch
1	Sudut 0°	0°	0%	0°	-
2	Sudut 10° Sumbu X	9°	10%	-6°	-
3	Sudut 20° Sumbu X	19°	5%	-8°	-
4	Sudut 30° Sumbu X	31°	-3,3%	4°	-
5	Sudut 40° Sumbu X	39°	2,5%	7°	-

No	Sudut Mobil RC	Sudut Roll	Error Roll	Sudut Pitch	Error Pitch
6	Sudut 50° Sumbu X	51°	-2%	8°	-
7	Sudut 60° Sumbu X	61°	1,6%	17°	-
8	Sudut 70° Sumbu X	69°	1,42%	15°	-
9	Sudut 80° Sumbu X	79°	1,25%	5°	-
10	Sudut 90° Sumbu X	89°	1,1%	13°	-
11	Sudut -10° Sumbu X	-9°	10%	-1°	-
12	Sudut -20° Sumbu X	-21°	-5%	2°	-
13	Sudut -30° Sumbu X	-31°	-3,3%	1°	-
14	Sudut -40° Sumbu X	-39°	2,5%	1°	-
15	Sudut -50° Sumbu X	-49°	2%	3°	-
16	Sudut -60° Sumbu X	-61°	1,6%	12°	-
17	Sudut -70° Sumbu X	-69°	1,42%	2°	-
18	Sudut -80° Sumbu X	-79°	1,25%	-7°	-
19	Sudut -90° Sumbu X	-89°	1,1%	-3°	-
20	Sudut 10° Sumbu Y	1°	-	11°	-10%
21	Sudut 20° Sumbu Y	1°	-	21°	-5%
22	Sudut 30° Sumbu Y	1°	-	31°	-3,3%
23	Sudut 40° Sumbu Y	-1°	-	41°	-2,5%
24	Sudut 50° Sumbu Y	-1°	-	49°	2%
25	Sudut 60° Sumbu Y	10°	-	61°	1,6%
26	Sudut 70° Sumbu Y	15°	-	71°	-1,42%
27	Sudut 80° Sumbu Y	36°	-	79°	1,25%
28	Sudut 90° Sumbu Y	119°	-	87°	3,3%
29	Sudut 60° Sumbu Y	1°	-	-9°	10%
30	Sudut 75° Sumbu Y	2°	-	-19°	5%
31	Sudut 90° Sumbu Y	2°	-	-29°	3,3%
32	Sudut -10° Sumbu Y	3°	-	-39°	2,5%
33	Sudut -20° Sumbu Y	2°	-	-51°	-2%
34	Sudut -30° Sumbu Y	11°	-	-59°	1,6%
35	Sudut -40° Sumbu Y	15°	-	-69°	1,42%
36	Sudut -50° Sumbu Y	-3°	-	-81°	-1,25%
37	Sudut -60° Sumbu Y	-72°	-	-87°	3,3%
38	Sudut -70° Sumbu Y	1°	-	11°	-10%
39	Sudut -80° Sumbu Y	1°	-	21°	-5%
40	Sudut -90° Sumbu Y	1°	-	31°	-3,3%

Pada Gambar 12. diatas ini nilai *roll* pada grafik pengujian sensor akselerometer bahwa sumbu *roll* menghasilkan nilai 89° sampai dengan -89°.

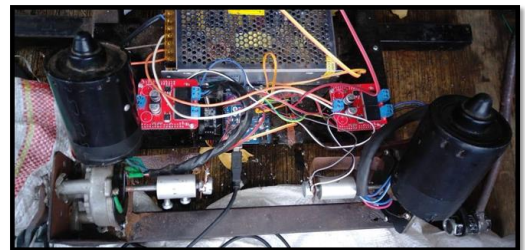


Gambar 13. Nilai Pitch pada Grafik

Pada Gambar 13. diatas ini nilai *pitch* pada grafik pengujian sensor akselerometer bahwa sumbu *pitch* menghasilkan nilai 87° sampai dengan -87°.

**B. Hasil Pengujian Driver Motor DC**

Pengujian *Driver Motor DC* dilakukan untuk menguji pengendalian Motor DC menggunakan Arduino Uno. Kemampuan *Driver Motor DC* dapat mengendalikan Motor DC dengan beban maksimum 30 ampere. Rangkaian pengujian *driver Motor DC* ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Rangkaian Pengujian Driver Motor DC

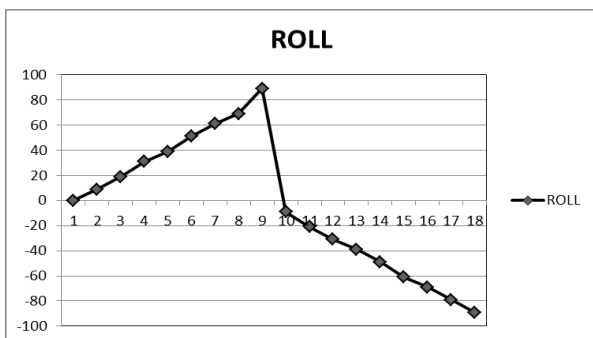
Pada Gambar 14. diatas ini menunjukkan rangkaian pengujian pada *Driver Motor DC* di Kursi Kendali.

Pada hasil pengujian *Driver Motor DC* akan diberikan pada Tabel 2. dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Driver Motor DC

Logika pin MPWM (Driver Motor DC)	Logika pin Min 1 (Driver Motor DC)	Logika pin Min 2 (Driver Motor DC)	Respon Output (Motor DC)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
1	1	0	Maju	11,79	3,936
1	0	1	Mundur	11,74	3,750
1	1	1	Berhenti	0,00	0,00

Pada grafik *roll* dan *pitch* dibawah ini pengujian sensor akselerometer disesuaikan dari data Tabel 1. yang ditunjukkan pada Gambar 12. dan Gambar 3.4. sebagai berikut.



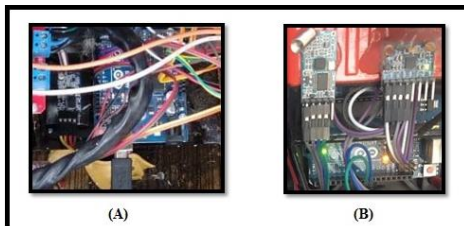
Gambar 12. Nilai Roll Pada Grafik



Pada Tabel 2. hasil pengujian *driver* motor Motor PWM bernilai 1, Motor *input* 1 bernilai 1 dan Motor *input* 2 bernilai 0 yang menghasilkan *respon output* gerakan motor DC maju dengan tegangan 11,79 Volt dan arus 3,936 Ampere. Motor PWM bernilai 1, Motor *input* 1 bernilai 0 dan Motor *input* 2 bernilai 1 yang menghasilkan *respon output* gerakan motor DC mundur dengan tegangan 11,74 Volt dan arus 3,750 Ampere. Motor PWM bernilai 1, Motor *input* 1 bernilai 1 dan Motor *input* 2 bernilai 1 yang menghasilkan *respon output* motor DC berhenti. Hal ini membuktikan bahwa *Driver* Motor DC bisa dikendalikan dengan Arduino.

### C. Hasil Pengujian Komunikasi HC-12

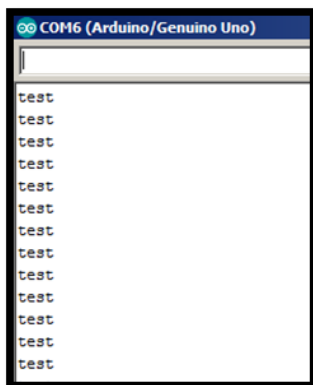
Pengujian komunikasi HC-12 dilakukan untuk menguji komunikasi *wireless* antara Arduino yang ada di Mobil RC dan kursi kendali modul HC-12 bekerja pada tegangan 5v dan pengendaliannya menggunakan komunikasi serial dengan pin RX dan pin TX. Rangkaian pengujian HC-12 pada Kursi Kendali dan Mobil RC ditunjukkan pada Gambar 15. dibawah ini.



Gambar 15. Modul HC-12 Pada Kursi Kendali (A) dan Mobil RC (B)

Pada Gambar 15. diatas ini modul HC-12 bisa mengirim data dari mobil RC dan menerima data pada kursi kendali.

Pada Mobil RC dan Kursi Kendali didapatkan hasil yang dapat dilihat pada *serial monitor* yang ditunjukkan pada Gambar 16. berikut.



Gambar 16. Hasil pengujian komunikasi HC-12 pada *Serial Monitor*

Pengujian komunikasi antara Arduino pada Mobil RC dan kursi kendali telah bekerja dengan baik menggunakan modul HC-12 via Radio Frekuensi dibuktikan dengan

penerimaan data “test” yang dikirim dari Arduino Mobil RC pada *Serial Monitor*.

Pada hasil pengujian jarak HC-12 di mobil RC dan di kursi kendali akan diberikan pada Tabel 3. dibawah ini.

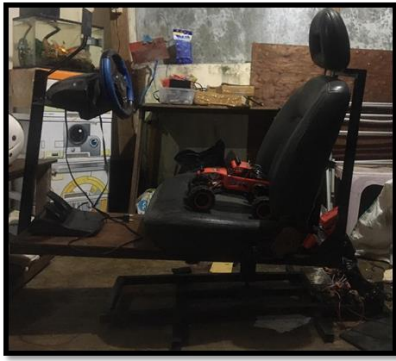
Tabel 3. Hasil Pengujian Jarak HC-12

No	Jarak (meter)	Data Dikirim
1	10	Diterima
2	20	Diterima
3	30	Diterima
4	40	Diterima
5	50	Diterima
6	60	Diterima
7	70	Diterima
8	80	Diterima
9	90	Diterima
10	100	Diterima
11	110	Diterima
12	120	Diterima
14	130	Diterima
15	140	Diterima
16	150	Diterima
17	160	Diterima
18	170	Diterima
19	180	Diterima
20	190	Diterima
21	200	Diterima
22	210	Tidak Diterima

Pada Tabel 3. diatas ini jarak HC-12 di mobil RC dan di kursi kendali dengan kelipatan sepuluh didapatkan hasil terjauh yaitu 200 meter data yang dikirim telah diterima dengan baik oleh HC-12. Setelah jarak dari mobil RC ke kursi kendali melewati 200 meter data yang dikirim tidak diterima oleh HC-12.

### D. Hasil Pengujian Keseluruhan

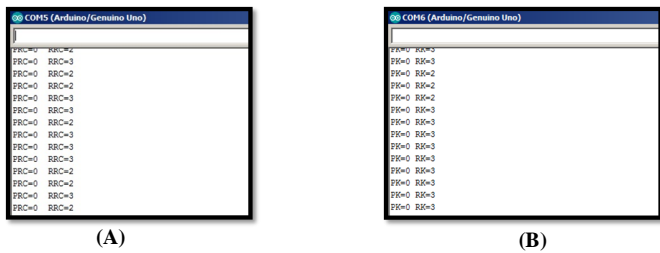
Pengujian keseluruhan merupakan penggabungan keseluruhan komponen yaitu pada mobil RC: Arduino Uno, Modul HC-12 dan Sensor Akselerometer. Sedangkan pada Kursi Kendali: *Motor Wiper*, Potensiometer, Arduino Uno, *Driver* Motor DC, *Power Supply*, Sensor Akselerometer, Modul HC-12 dan *Steering Wheel*. Adapun rangkaian pengujian keseluruhan ditunjukkan pada 17.



Gambar 17. Rangkaian Pengujian Keseluruhan

Pada Gambar 17. diatas ini menunjukkan rangkaian pengujian keseluruhan dari mobil rc sampai kursi kendali.

Hasil pengujian keseluruhan didapatkan nilai *roll* dan *pitch* pada mobil rc dan kursi kendali yang didapat dari serial monitor yang ditunjukkan pada Gambar 18. sebagai berikut.



Gambar 18. Hasil Pengujian Keseluruhan Pada Serial Monitor pada mobil RC (A) dan Serial Monitor Pada Kursi Kendali (B)

Pada Gambar 18. diatas PRC sebagai *pitch* mobil RC, RRC sebagai *roll* mobil RC, PK sebagai *pitch* kursi kendali dan RK sebagai *roll* kursi kendali. Pengambilan data yang dilakukan pada Gambar 4.11. kondisi mobil RC yang dimiringkan ke belakang dimana pada kondisi normal atau datar nilai dari *roll* dan *pitch* mendekati nilai 0. Sedangkan pada pengambilan data di Gambar 4.11. nilai *pitch* pada Mobil RC 0° dan *roll* pada Mobil RC 3°. artinya nilai 0° adalah datar dan 3° adalah kondisi miring kekanan sebanyak 3°. Sedangkan pada pengambilan data di Gambar 4.11. nilai *pitch* kursi kendali 0° dan *roll* kursi kendali 3°. artinya nilai 3° adalah miring kekanan sebanyak 3° dan 0° adalah kondisi datar.

Hasil pengujian keseluruhan pada mobil RC dan kursi kendali akan ditunjukkan pada Tabel 4. berikut:

Tabel 4. Tabel Hasil Pengujian Keseluruhan Mobil RC dan Kursi Kendali

No	Mobil RC		Kursi Kendali		Nilai Error	
	Pitch	Roll	Pitch	Roll	Pitch	Roll
1	0°	3°	0°	3°	Tidak terdefinisi	0%
2	0°	-6°	0°	-6°	Tidak terdefinisi	0%
3	4°	-4°	4°	-4°	0%	0%
4	0°	-6°	-2°	-6°	Tidak terdefinisi	0%
5	-3°	-1°	4°	-3°	233,3%	-2%
6	-2°	-7°	-2°	-6°	0%	14,2%
7	7°	-3°	5°	-4°	28,5%	-33,3%
8	-4°	-4°	-3°	-4°	25%	0%
9	-2°	-9°	0°	-9°	100%	0%
10	-1°	5°	1°	4°	200%	20%

Pada Tabel 4. diatas diketahui bahwa nilai dari *pitch* dan *roll* di Mobil RC dan Kursi Kendali adalah sama yang artinya sudut kemiringan kursi kendali telah mengikuti sudut kemiringan dari Mobil RC dengan menggunakan metode PID dimana *inputan* proses yaitu selisih sudut antara sudut mobil RC berupa *pitch* dan *roll* dengan sudut kursi kendali berupa *pitch* dan *roll*. Sedangkan *output* PID berupa nilai PWM untuk mengatur kecepatan motor penggerak kursi kendali.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisa maka ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Pengendalian kecepatan motor menggunakan metode PID berupa PWM dengan nilai  $K_p=2$   $K_i=5$   $K_d=1$  didapatkan pergerakan kursi kendali dengan nilai *error* terkecil -33,3% dan terbesar 233,3% ketika menyesuaikan dengan kemiringan mobil RC.
2. Hasil *pitch* gerakan kedepan dan kebelakang serta *roll* kekanan dan kekiri didapatkan dari sudut kemiringan sensor akselerometer dan ketepatan sudut kursi dipengaruhi oleh kecepatan motor DC (Motor Wiper).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Novianti Yuliamas, Siti Aisyah & Handri Toar, 2015, "Implementasi Kontrol PID pada Mesin Pengembang Roti". Jurnal Rekayasa Elektrika Vol. 11, No. 3, April 2015, hal. 109-113.
- [2] P. R. Naik, J. Samantaray, B. K. Roy and S. K. Pattanayak, "2-DOF robot manipulator control using fuzzy PD control with SimMechanics and sliding mode control: A comparative study," 2015 International Conference on Energy, Power and Environment: Towards Sustainable Growth (ICEPE), Shillong, 2015, pp. 1-6.
- [3] Dadan Nur Ramadan, Agus Ganda Permana, Hafidudin, 2017, "Perancangan dan Realisasi Mobil Remote Control Menggunakan Firebase". Jurnal Elektro Telekomunikasi.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*