

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI MOTOR DC PADA ROBOT PROMOTOR BERBASIS ARDUINO

DESIGN AND IMPLEMENTATION DC MOTOR CONTROLLING SYSTEM FOR PROMOTER ROBOT BASED ON ARDUINO

Gora Asep Setiana¹, Sony Sumaryo², Agung Suryo Wibowo³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹goraasep@telkomuniversity.ac.id, ²sony.sumaryo@yahoo.co.id, ³agungsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Setiap perusahaan maupun organisasi membutuhkan media untuk pengenalan acara atau *event* yang akan digelar. Bila menyewa seseorang yang kerjanya menjelaskan isi acara dan menyebarkan brosur, orang tersebut akan bosan dan lelah. Dibutuhkan pengganti manusia untuk pengenalan acara tersebut yaitu robot promotor.

Robot ini dirancang untuk menjelaskan sebuah acara lewat video dan menyebarkan brosur melalui kendali yang nirkabel. Pada robot ini, terdapat 2 sistem kendali motor DC yaitu motor bawah dan atas. Pada kendali motor bawah, berfungsi untuk menggerakkan robot untuk maju, mundur, dan belok. Kendali motor DC bagian bawah ini menggunakan metode PID (Proportional Integral Derivative) untuk menjaga kestabilan gerakan robot yang akan diteliti di Tugas Akhir ini. Pada kendali motor DC atas, berfungsi sebagai aktuator untuk mengeluarkan brosur seperti pada mesin ATM. Untuk mengendalikan robot, digunakan *remote control* yang mengirim sinyal *infrared* ke *receiver*.

Setelah dilakukan penelitian, robot ini dapat berjalan relatif lurus dengan menggunakan parameter PID yaitu $K_p = 0.79$, $K_i = 0.1$ dan $K_d = -0.0086$ pada motor DC 1 serta $K_p = 0.8$, $K_i = 0.1$ dan $K_d = -0.0088$ pada motor DC 2.

Kata kunci : promotor, *event*, PID.

Abstract

Every company as well as organization needs a media to introduce event that will be held. If hiring someone to explain the event and distribute brochures, that person will be tired and exhausted. Human substitutes are needed for the introduction of the event, the promoter robot.

This robot is designed to explain an event via video and distribute brochures using wireless control. In this robot, there are 2 DC motor control systems, namely the lower and upper motors. The lower motor control, serves to move the robot to go forward, backward, and turn. The lower motor DC control uses the PID (Proportional Integral Derivative) method to maintain the stability of the reobot's movement which will be examined in this Final Project. The upper motor DC control, it functions as an actuator to release brochures like on an ATM machine. To control the robot, a remote control is used that sends an infrared signal to the receiver.

After doing research, this robot can run relatively straight using the PID parameters, which are $K_p = 0.79$, $K_i = 0.1$ and $K_d = -0.0086$ on DC motor 1 and also $K_p = 0.8$, $K_i = 0.1$ and $K_d = -0.0088$ on DC motor 2.

Keywords: promoter, *event*, PID.

1. Pendahuluan

Pada era sekarang ini, robotika merupakan bidang dinamis yang perkembangannya sangat pesat. Penelitian di bidang ini biasanya berakar dari industri, untuk memecahkan masalah industri dengan teknologi yang ada. Industri dan masyarakat umum membutuhkan media untuk pengenalan *event* yang mereka adakan. Bila menggunakan tenaga kerja manusia, manusia tersebut hanya akan merasa lelah dan bosan berdiri untuk menyebarkan brosur dan menjelaskan acara yang akan digelar. Maka dari itu, robot yang berfungsi sebagai pengenal acara sangat dibutuhkan untuk memperkenalkan sebuah acara yang akan digelar. Robot ini berfungsi untuk menyebarkan brosur serta menjelaskan acara lewat video.

Penulis membuat robot *mobile* yang tingginya kurang lebih 1 meter dan terdiri dari sistem kendali motor yang dapat dikendalikan melalui *remote control*. Robot yang dibuat memiliki tugas untuk menyebarkan brosur untuk acara yang akan digelar. Robot membutuhkan sistem kendali motor agar dapat menggerakkan motor DC yang digunakan agar dapat berjalan dengan baik. Karena robot ini menggunakan 2 motor DC yang spesifikasinya sama namun tidak identik, robot ini akan dibuat menggunakan kendali PID (*Proportional Integrative Derivative*) agar dapat berjalan relatif lebih lurus dibandingkan dengan yang tidak menggunakan kendali PID.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh mahasiswa S1 Teknik Elektro Universitas Telkom angkatan tahun 2012 yaitu Havan Arsyah Rahardjo menggunakan kendali PID pada mobil mainan anak-anak. Mobil anak-anak tersebut hanya menggunakan 1 buah motor DC dan dikendalikan dengan kendali PID. Dapat diketahui bahwa dengan menggunakan kendali PID, mobil anak-anak dapat berjalan dengan lebih stabil mencapai *set point* [4]. Penulis mengimplementasikan kendali PID ke 2 buah motor DC untuk mencapai set point yang sama agar robot dapat berjalan dengan lurus.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pembahasan Tentang Robot Promotor

Pada Tugas Akhir ini, pengendali utama pada robot Promotor adalah Arduino dan robot ini menggunakan motor DC sebagai aktuator untuk berjalan serta mengeluarkan brosur. Robot dapat operasikan dengan *remote control*. Motor DC yang menggunakan kendali PID adalah 2 motor DC yang akan digunakan untuk berjalan. Karena 2 motor DC tersebut tidak identik, maka digunakanlah kendali PID pada 2 motor DC tersebut agar robot dapat berjalan lurus. Motor DC yang digunakan untuk mengeluarkan brosur tidak menggunakan kendali PID dan tidak akan dibahas terlalu dalam. Motor DC yang digunakan untuk berjalan adalah aktuator dominan pada robot ini sehingga akan dibahas mendalam pada Tugas Akhir ini.

2.2 Metode Kendali PID

Metode kendali PID (*Proportional Integrative Derivative*) akan digunakan sebagai pengendali kecepatan putar pada motor DC yang digunakan untuk menggerakkan robot agar kecepatannya stabil. Pengendalian motor menggunakan PID membutuhkan sistem yang *close-loop*, maka dari itu pada motor DC akan terdapat modul sensor kecepatan untuk mendeteksi rpm (*revolution per minute*) yaitu modul sensor IR Optocoupler. Untuk persamaan PID waktu kontinu dan PID waktu diskrit akan dituliskan pada persamaan (1) dan (3). Sebelum mendapatkan PID waktu diskrit, PID waktu kontinu harus diubah terlebih dahulu menjadi PID transformasi Laplace yaitu pada persamaan (2).

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (2)$$

$$\frac{U(z)}{E(z)} = K_p + \frac{K_i}{(1-z^{-1})} + K_d(1-z^{-1}) \quad (3)$$

Keterangan :

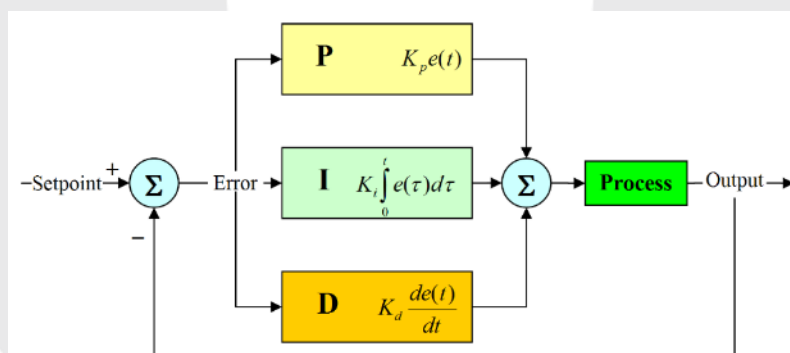
K_p = Konstanta Proporsional

K_i = Konstanta Integral

K_d = Konstanta Derivative

e = Error

τ = Konstanta waktu



Gambar 1. Blok Diagram PID

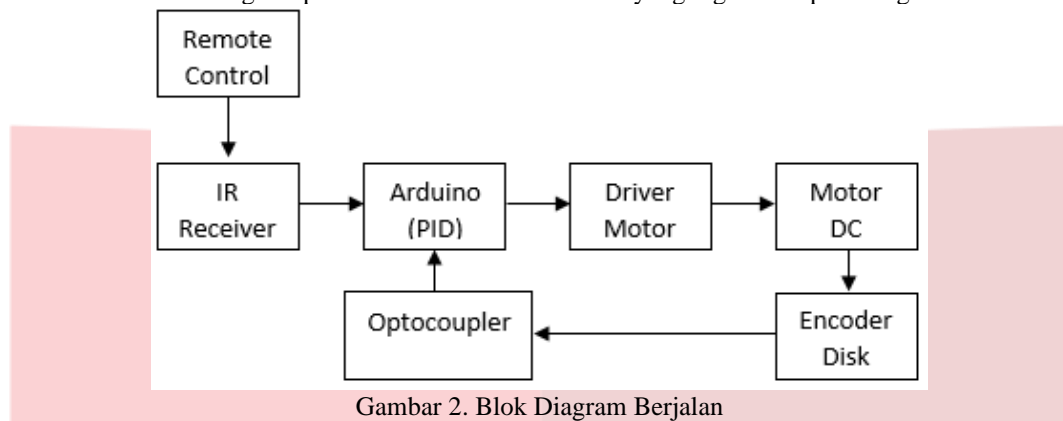
3. Perancangan Sistem

3.1 Perancangan Sistem Secara Umum

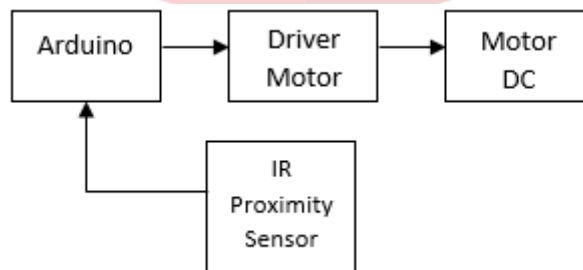
Tujuan dari perancangan sistem ini adalah untuk membuat robot dapat mempertahankan kecepatan putar motor DC pada robot dengan stabil. Untuk mempertahankan kecepatan putar motor dengan stabil dan lurus, sistem dapat direalisasikan dengan cara membaca kecepatan putar dari roda robot lalu membandingkannya dengan *set-point* yang sudah ditetapkan. Setelah dilakukan pembacaan, maka akan dihasilkan *error* yang kemudian akan diproses menjadi data umpan balik supaya kecepatan putar motor pada robot menjadi stabil.

3.1.1 Blok Diagram

Berikut adalah blok diagram pada sistem kendali motor DC yang digunakan pada Tugas Akhir ini.



Gambar 2. Blok Diagram Berjalan



Gambar 3. Blok Diagram Mengeluarkan Brosur

3.1.2 Fungsi dan Fitur

Dari Gambar 2, terlihat bahwa *Remote Control* merupakan sebuah pengendali untuk mengendalikan gerak robot pada Tugas Akhir ini. *Remote Control* akan dikendalikan oleh operator, robot akan bergerak bila sinyal gerak sudah diterima oleh *IR Receiver Module*. *IR Receiver Module* akan menerima sinyal *infrared* dan akan Arduino akan mengolah sinyal tersebut untuk menggerakkan motor DC. Sebelum dapat bergerak, motor DC harus terhubung dengan *Motor Driver* agar dapat dikendalikan oleh Arduino.

Pada motor DC, dibutuhkan *Encoder Disk* untuk membaca kecepatan putar pada motor. *Encoder Disk* kemudian dibaca oleh sensor *Optocoupler* untuk mengetahui kecepatan putar pada motor yang kemudian akan menjadi umpan balik untuk Arduino.

Pemilihan nilai konstanta PID pada perancangan sistem kendali motor pada robot ini akan dicari dengan menggunakan metode simulasi MATLAB serta *trial and error*. Sistem pada saat *trial and error* akan menghasilkan *overshoot*, *settling time* dan *rise time*. Pemilihan batas dari *overshoot*, *settling time* dan *rise time dalam sistem kendali motor pada robot ini akan mempengaruhi dalam penentuan nilai yang paling baik dari KP, KI dan KD*.

Pada Gambar 3, Arduino akan menggerakkan motor DC melalui *Driver Motor* untuk mengeluarkan brosur. *IR Proximity Sensor* mendeteksi apakah ada atau tidaknya brosur pada tempat pengeluaran brosur. Jika tidak ada, maka sensor akan memberi sinyal ke Arduino untuk mengeluarkan brosur.

3.1.3 Pemodelan Pada MATLAB

Tujuan dari Simulasi Matlab adalah untuk mensimulasikan bagaimana respon motor DC terhadap PID. Simulasi ini membutuhkan fungsi alih motor DC untuk dimasukkan datanya ke Matlab. Motor DC dapat diumpamakan sebagai sistem orde 1 dikarenakan tidak memiliki umpan balik. Data-data yang harus di ambil untuk menentukan spesifikasi motor agar didapatkan fungsi alihnya adalah kecepatan sudut (ω), *rise time* (T_s), dan tegangan (V) yang dipakai. Berikut adalah cara pengambilan data-data yang dibutuhkan untuk membuat fungsi alih motor DC serta cara mencari fungsi alih Motor DC yang menggunakan sistem orde satu.

a. Kecepatan sudut (ω)

Untuk mencari kecepatan sudut, dapat dilakukan dengan mengubah kecepatan putar RPM (*Revolution Per Minute*) ke bentuk kecepatan sudut (ω) rad/s dengan persamaan berikut.

$$\omega = \frac{2\pi}{60} x N \quad (8)$$

Dimana,

ω = Kecepatan sudut (rad/s),

π = 3.14, dan

N = Kecepatan revolusi (RPM)

Pada Motor DC 1, kecepatan revolusi (RPM) yang digunakan adalah 193.3 RPM yang kemudian diubah menjadi 20.24232 rad/s. Sedangkan pada Motor DC 2, kecepatan revolusi (RPM) yang digunakan adalah 189.38 RPM yang kemudian diubah menjadi 19.83182 rad/s. Kecepatan revolusi (RPM) yang digunakan adalah kecepatan pada saat puncak *rise time*.

b. *Rise time* (Ts)

Untuk mencari *rise time* (Ts), dibutuhkan respon kecepatan motor DC dari awal bergerak sampai mencapai keadaan tunak. *Rise time* pada Motor DC 1 adalah 1.5 s dan *rise time* pada Motor DC 2 adalah 1.5 s.

c. Tegangan (V)

Tegangan yang dipakai saat pengujian ini adalah 12v menggunakan sebuah Power Supply.

d. Fungsi alih motor DC

Persamaan yang digunakan untuk mencari fungsi alih orde 1 pada motor DC adalah sebagai berikut.

$$\frac{\omega(s)}{v(s)} = \frac{K}{\tau(s)+1} \quad (9)$$

$$\tau = \frac{Ts}{5} \quad (10)$$

Mencari K pada Motor DC 1.

$$\omega(s) = 20.24232 \text{ rad/s}$$

$$v(s) = 12 \text{ volt}$$

$\tau(s) = 0$, karena menggunakan teorema nilai akhir

$$\frac{20.24232 \text{ rad/s}}{12v} = \frac{K}{0+1}$$

Maka,

$$K = 1.68686$$

Mencari τ pada Motor DC 1.

$$\tau = \frac{1.5}{5} = 0.3$$

Sehingga fungsi alihnya adalah

$$\frac{\omega(s)}{v(s)} = \frac{1.68686}{0.3(s)+1}$$

Mencari K pada Motor DC 2.

$$\omega(s) = 19.83182 \text{ rad/s}$$

$$v(s) = 12 \text{ volt}$$

$\tau(s) = 0$, karena menggunakan teorema nilai akhir

$$\frac{19.83182 \text{ rad/s}}{12v} = \frac{K}{0+1}$$

Maka,

$$K = 1.65265$$

Mencari τ pada Motor DC 2.

$$\tau = \frac{1.5}{5} = 0.3$$

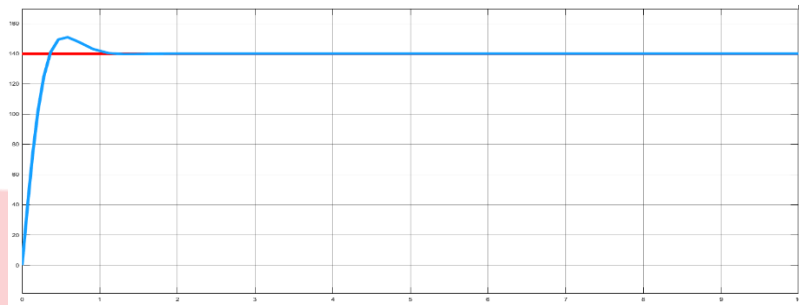
Sehingga fungsi alihnya adalah

$$\frac{\omega(s)}{v(s)} = \frac{1.65265}{0.3(s)+1}$$

Setelah diperoleh, data-data di atas akan dimasukkan ke aplikasi yang terdapat di dalam Matlab yaitu Simulink untuk mencari respon motor DC terhadap PID serta mencari parameter PID yang tepat untuk motor DC dengan aplikasi PID Tuner.

Proportional (P):	0.792940916137144	:
Integral (I):	5.28309495441086	:
Derivative (D):	-0.00863899048107371	:

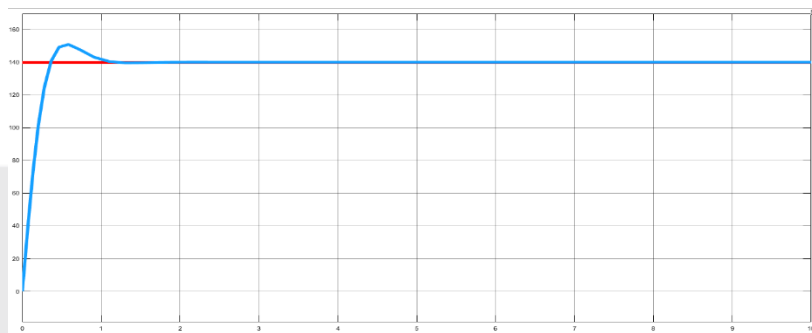
Gambar 4. Parameter PID Motor DC 1 Pada SIMULINK Setelah Menggunakan PID Tuner



Gambar 5. Grafik Hasil Simulasi Motor DC 1 Pada SIMULINK

Proportional (P):	0.809354862672134
Integral (I):	5.3924554834947
Derivative (D):	-0.0088178183419986

Gambar 6. Parameter PID Motor DC 2 Pada SIMULINK Setelah Menggunakan PID Tuner

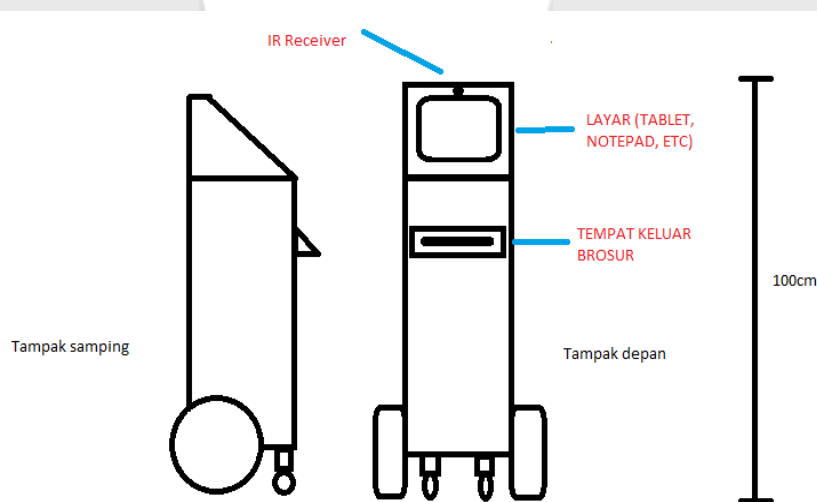


Gambar 7. Grafik Hasil Simulasi Motor DC 2 Pada SIMULINK

Seperti yang terlihat pada Gambar 4 dan 6, nilai parameter kendali PID yang akan digunakan dalam pengujian adalah $K_p=0.79$, $K_i=5.28$ dan $K_d=-0.0086$ pada Motor DC 1 serta $K_p=0.8$, $K_i=5.39$ dan $K_d=-0.0088$ pada Motor DC 2.

3.3 Perancangan Sistem Mekanik

Robot Promotor memiliki tinggi sekitar 100 cm yang terlihat seperti pada Gambar 8. Robot promotor memiliki dua fitur yaitu dapat mengeluarkan brosur secara otomatis dan memutar video melalui sebuah Tablet.



Gambar 8. Rancangan Keseluruhan Tubuh Robot Promotor

4. Percobaan dan Analisis

4.1 Pengujian Sensor

Berikut ini adalah rata-rata hasil pengujian sensor Optocoupler terhadap Tachometer DT-2234C. Kedua alat ukur tersebut masih terdapat perbedaan nilai. Terlebih lagi pada kecepatan yang semakin tinggi, sensor Optocoupler semakin tidak akurat sehingga menyebabkan perbedaan nilai yang cukup tinggi terhadap nilai yang dikeluarkan oleh Tachometer DT-2234C.

Tabel 1. Pengujian sensor 1

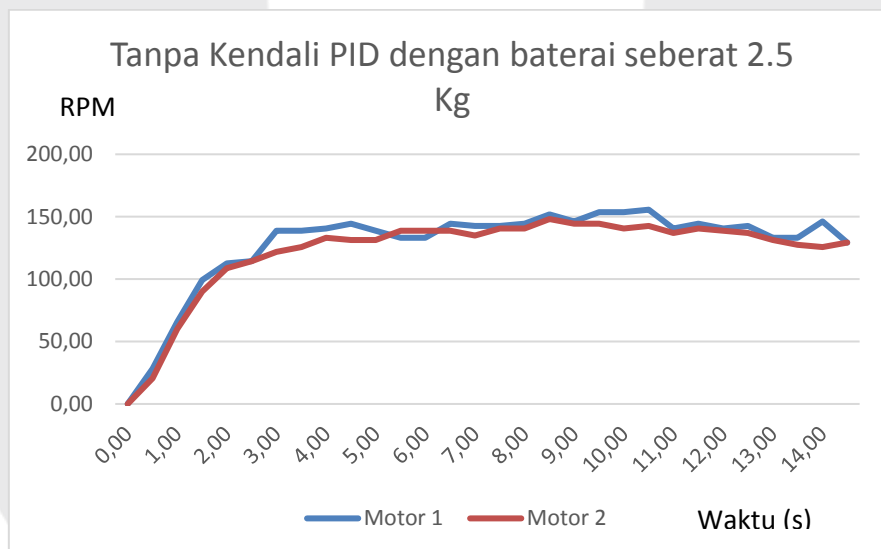
Pengujian Sensor 1					
Tegangan	DT-2234C (RPM)	Optocoupler (RPM)	Error (RPM)	Error(%)	Akurasi (%)
3v	51,60	54,50	2,90	7%	93%
6v	107,50	104,37	-3,13	4%	96%
9v	163,50	145,75	-17,56	11%	89%
12v	216,00	190,75	-25,25	12%	88%

Tabel 2. Pengujian sensor 2

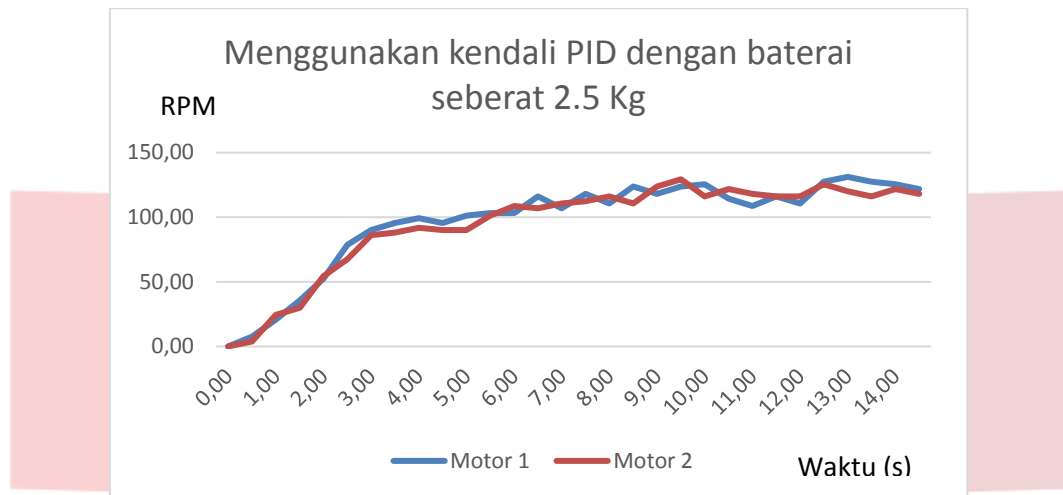
Pengujian Sensor 2					
Tegangan	DT-2234C (RPM)	Optocoupler (RPM)	Error (RPM)	Error(%)	Akurasi (%)
3v	49,30	52,96	3,39	9%	91%
6v	107,70	105,18	-2,52	4%	96%
9v	162,90	145,63	-17,27	11%	89%
12v	214,70	188,25	-26,45	12%	88%

4.2 Pengujian Respon Alat Menggunakan Kendali PID

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon alat sebelum diberi kendali PID dan setelah diberi kendali PID dengan beban total alat. Parameter yang digunakan ada parameter yang telah ditemukan dengan metode *trial and error*, yaitu $K_p=0.79$, $K_i=0.1$ dan $K_d=-0.0086$ pada Motor DC 1 serta $K_p=0.8$, $K_i=0.1$ dan $K_d=-0.0088$ pada Motor DC 2. Berikut adalah grafik hasil dari pengujian ini.

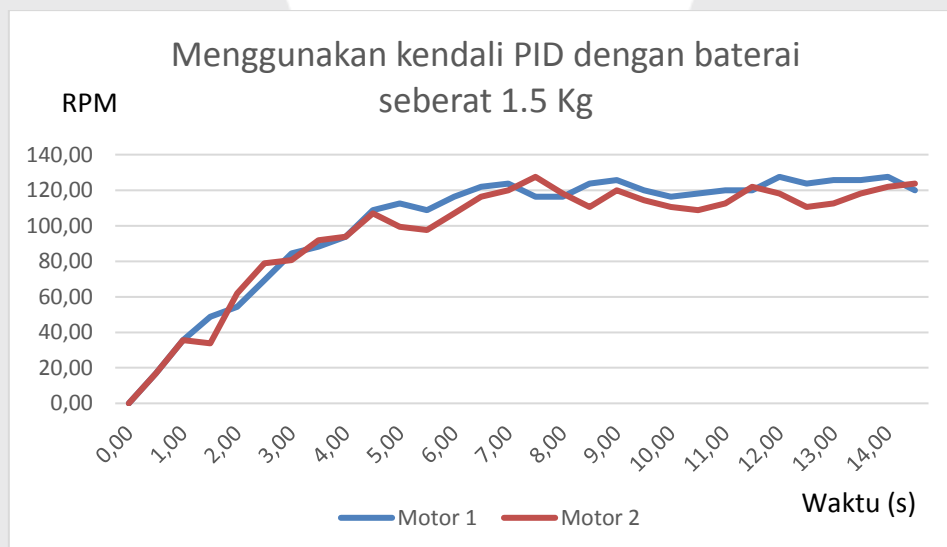


Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Tanpa Kendali PID dengan Beban Total Alat



Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Menggunakan Kendali PID dengan Beban Total Alat

Berdasarkan Gambar 9, hasil pengujian tanpa kendali PID menyebabkan kedua Motor DC tidak berjalan dengan kecepatan yang sama dan stabil sehingga menyebabkan alat sedikit berbelok ke kanan. Kecepatan maksimal pada Motor DC 1 adalah 155 RPM dan pada Motor DC 2 adalah 148 RPM. Maka dari itu, untuk pengujian menggunakan PID, kedua Motor DC akan diberikan *Set Point* sebesar 120 agar hasilnya lebih jelas. Pada hasil pengujian yang menggunakan kendali PID seperti pada Gambar 10, kedua Motor DC 2 memiliki respon yang hampir sama dan tidak terlalu menyebabkan alat berbelok. Dengan menggunakan baterai seberat 2.5 Kg, *rise time* pada Motor DC 1 adalah 8.5 detik dan pada Motor DC 2 adalah 9 detik. Selanjutnya, percobaan dilakukan dengan baterai yang lebih ringan yaitu seberat 1.5Kg untuk mengetahui apakah respon akan berubah atau tidak.



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian Menggunakan Kendali PID dengan Baterai Seberat 1.5 Kg

Berdasarkan Gambar 11, hasil pengujian menggunakan baterai seberat 1.5 Kg menunjukkan bahwa *rise time* pada Motor DC 1 adalah 6.5 detik dan pada Motor DC 2 adalah 7 detik. *Rise time* lebih cepat 2 detik dari pada pengujian sebelumnya.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Perancangan alat dengan kendali PID dapat menggunakan simulasi matlab atau juga dengan cara *trial and error*. Parameter PID yang dihasilkan dan dapat digunakan dengan baik pada alat untuk bergerak lurus adalah $K_p = 0.79$, $K_i = 0.1$ dan $K_d = -0.0086$ pada motor DC 1 serta $K_p = 0.8$, $K_i = 0.1$ dan $K_d = -0.0088$ pada motor DC 2. Hasil implementasi kendali PID terhadap alat dapat memperbaiki respon alat yang bergerak tidak lurus menjadi relatif lebih lurus. Pengukuran Tachometer (DT-2234C) dan sensor Optocoupler tidak dapat diketahui mana yang lebih akurat karena banyak faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran keduanya.

2. Dapat diketahui bahwa setelah menggunakan kendali PID, alat menjadi relatif lebih lurus dibanding saat tidak menggunakan kendali PID. Bila digunakan beban yang lebih ringan, *rise time* akan terlihat lebih cepat pada respon Motor DC.

5.2 Saran

1. Material robot terbuat dari kayu yang sangat rapuh. Bila terjadi tabrakan, tubuh robot akan sangat mudah retak. Akan lebih baik jika menggunakan bahan yang lebih kokoh seperti aluminium.
2. *Coupling* yang menyambungkan Motor DC ke roda adalah *flexible coupling* yang sangat mudah terlepas dan menyebabkan robot tidak seimbang. Akan lebih baik jika menggunakan *fixed coupling* agar lebih kokoh.
3. Motor DC yang digunakan sebaiknya memiliki spesifikasi dari *datasheet* yang lengkap agar lebih mudah untuk menentukan fungsi transiernya.
4. Jika Tachometer (DT-2234C) dan sensor Optocoupler memiliki hasil pengukuran yang tidak berbeda jauh dan lebih akurat, maka hasil pengendalian PID dapat lebih dipercaya.

Daftar Pustaka:

- [1] Astrom, Karl J and Hagglund, Tore, PID Controllers: Theory, Design and Tuning, 2nd ed. United State of America : Instrument Society of America, 1995.
- [2] C.S. Gohiya, S.S. Sadistap, S.A. Akbar, B.A. Botre, "Design and development of digital PID controller for DC motor drive system using embedded platform for mobile robot", presented at 2013 3rd IEEE International Advance Computing Conference (IACC), Ghaziabad, India, 2013.
- [3] Hardy Purnama Nurba, 2015, "DESAIN DAN IMPLEMENTASI KENDALI PID ADAPTIF PADA KECEPATAN MOTOR DC", Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung.
- [4] Havan Arsyah Rahardjo, 2016, "IMPLEMENTASI KONTROLER PID PADA SISTEM KONTROL KECEPATAN PUTAR MOTOR DC UNTUK MOBIL ANAK BERBASIS ANDROID", Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung.
- [5] Hongfu Zhou, "DC Servo Motor PID Control in Mobile Robots with Embedded DSP", presented at 2008 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), Hunan, China, 2008.
- [6] Nagrath, I.J. and Gopal, M., Control System Engineering, 5th ed. New Delhi : New Age International, 2010.
- [7] Wang Xianwei, Montri Karnjanadecha, Thanate Khaorapapong, "A low-cost solution of motor control system for Robocup robots", presented at 2008 5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, Krabi, Thailand, 2008.
- [8] Visioli, Antonio, Practical PID Control, 1st ed. United of Kingdom : Springer, 2006.