

**KENDALI POSISI DUA SUDUT KOORDINAT YAW, DAN PITCH  
PADA MOTOR DC  
POSITION CONTROL OF 2 COORDINATE YAW, AND PITCH ON DC MOTOR**

Eko Nugroho<sup>1</sup>, Muhammad Zakiyullah Romdlony<sup>2</sup>, Agung Surya Wibowo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[ekonugroho@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:ekonugroho@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[zakivullah@telkomuniversity.ac.id](mailto:zakivullah@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[agungsw@telkomuniversity.ac.id](mailto:agungsw@telkomuniversity.ac.id)

**Abstrak**

Sistem kendali yang semakin berkembang dapat meningkatkan kinerja sistem, kualitas produksi dan menekan biaya produksi. Sebagai contoh sistem kendali yg dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari adalah kendali posisi, khususnya kendali posisi 2 sudut koordinat (yaw dan pitch). Pengaplikasian kendali posisi 2 sudut koordinat ini dapat diterapkan pada pengendalian posisi Radar. Pada tugas akhir ini, penulis merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem kendali 2 sudut koordinat yaw dan pitch pada prototipe radar. Sistem kendali tersebut dilakukan dengan cara mengukur sudut menggunakan sensor MPU-6050, pengolahan data menggunakan kendali PID untuk mengendalikan tegangan PWM, pengawasan langsung melalui komputer serta penggunaan aktuator yaitu motor DC untuk menjalankan 2 posisi sudut koordinat yang diinginkan.

Setelah Kendali PID di implementasikan pada sistem, Untuk mencapai setpoint masing-masing setpoint sudut yang telah ditetapkan terdapat rise time sebesar 2 detik. Sedangkan selama sudut menjaga setpoint yang telah ditetapkan memiliki error tertinggi sebesar 4,68°.

**Kata Kunci :** Kendali posisi, motor dc, PID, Sudut, Yaw, Pitch, MPU-6050.

**Abstract**

An increasingly developed control system can improve system performance, production quality and reduce production costs. For example, a control system that can be applied in everyday life is position control, especially the control position of 2 coordinate angles (yaw and pitch). The application of coordinate 2 angle position control can be applied to the control of the Radar position. In this final project, the author design and implement a control system for 2 yaw and pitch coordinate angles on the radar prototype. The control system is done by measuring the angle using the MPU-6050 sensor, processing data using the PID control to control the PWM voltage, direct monitoring through the computer and the use of actuators namely DC motors to run the desired 2 coordinate angle positions.

After Complete PID is implemented on the system, To reach the setpoint, each setpoint angle has an increase in time of 2 seconds. Whereas during the agreed angle setpoint has the highest error of 4.68 °.

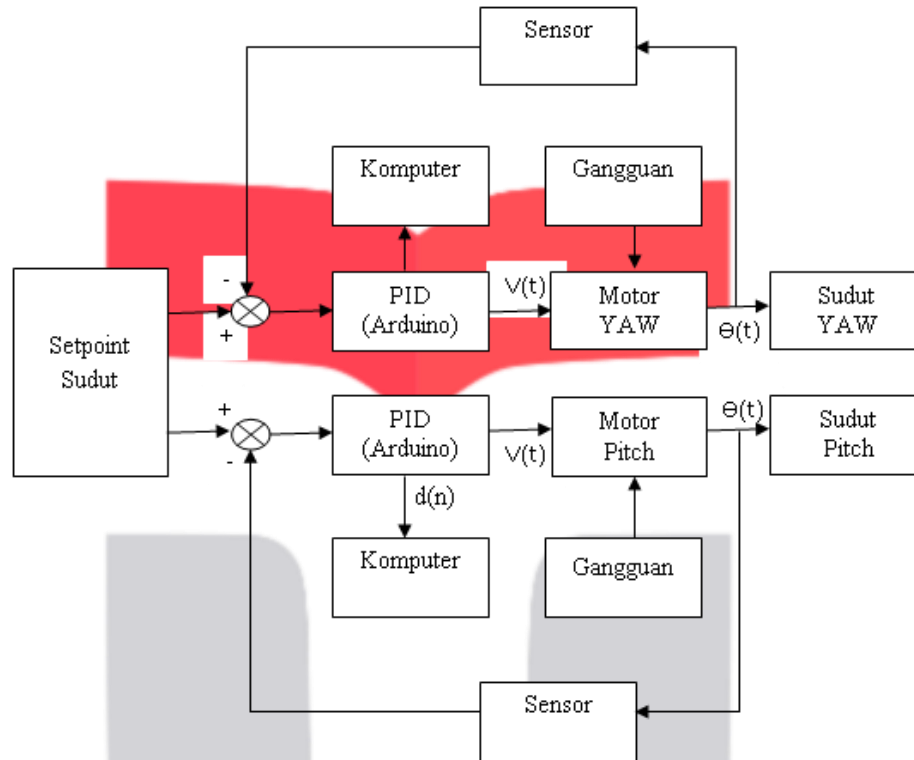
**Keywords:** Position Control, DC Motor, PID, Coordinate, Yaw, Pitch, MPU-6050. **Pendahuluan**

Sistem kendali telah memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Sistem kendali yang semakin berkembang dapat meningkatkan kinerja sistem, kualitas produksi dan menekan biaya produksi. Sebagai contoh sistem kendali yg dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari adalah kendali posisi, khususnya kendali posisi 2 sudut koordinat (yaw dan pitch). Pengaplikasian kendali posisi 2 sudut koordinat ini dapat diterapkan pada pengendalian posisi sudur radar, yang dimana dibutuhkan tingkat ketepatan dalam mengatur posisinya. Karena posisi dapat menjadi salah satu faktor penting dalam kinerja sistem secara keseluruhan.

## 1. Dasar Teori dan Perancangan

### 1.1 Konsep solusi

Konsep solusi untuk mendapatkan sistem kendali sudut 2 koordinat direpresentasikan dalam diagram blok sederhana



Prinsip kerja dari sistem kendali sudut 2 koordinat adalah sebagai berikut :

- Komputer digunakan untuk inisiasi set point yang diinginkan pengguna.
- Set point yang telah ditentukan kemudian diproses oleh kendali PID pada Mikrokontroler.
- Hasil proses dari kendali PID tadi digunakan untuk mengendalikan tegangan PWM dan menggerakkan motor DC.
- Kemudian sensor posisi membaca posisi dari batang radar yang digerakkan oleh Motor DC.
- Posisi yang terbaca oleh sensor akan menjadi umpan balik untuk di proses ke mikrokontroler lagi
- Proses akan terus berulang hingga mendapatkan posisi yang diinginkan agar menjadi sebuah sistem yang optimal sesuai tujuan dari dibuatnya penelitian ini.
- Kendali PID akan membuat sistem menjadi lebih stabil dikarenakan dapat meredam gangguan dari luar.

### 1.2 Pemodelan Plant dan Desain PID

Pengujian ini bertujuan untuk mencari parameter nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  dengan cara menghitung perbandingan sudut motor terhadap waktu (milidetik).

### 1.2.1 Motor YAW

Pengujian sudut YAW dimulai dari sudut  $0^\circ$  pada detik ke 9,670 dikarenakan sensor MPU-6050 melakukan kalibrasi untuk menentukan letak awal sudut yang akan terbaca

Melalui data yang diatas, dapat dihitung nilai *gain* (K),  $\tau$ , dan  $T_s$  sebagai berikut, Persamaan Motor DC,

$$G(s) = \frac{K}{\tau s^2 + s} \quad (3.1)$$

Input tegangan motor YAW 2,4 V pada PWM 60,

$$K = \frac{263.2 - 1.09}{14,078 - 9,670} = 59,5968 \text{ degree/second} \quad (3.2)$$

$$T_s = 0,4 \text{ detik} \quad (3.3)$$

$$T_s = 5\tau \quad (3.4)$$

$$\tau = \frac{0,4}{5} = 0,08 \quad (3.5)$$

Jadi model matematis motor dc untuk motor YAW adalah

$$G(s) = \frac{59,59}{0,08s^2 + s} \quad (3.6)$$

$$PID = \frac{V(s)}{E(s)} = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s = C(s) \quad (3.7)$$

Persamaan Lup Tertutupnya,

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{C(s)G(s)}{1 + C(s)G(s)} \quad (3.8)$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{\omega_n^2}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n + \omega_n^2)} \quad (3.9)$$

$$\frac{C(s)G(s)}{1 + C(s)G(s)} = \frac{\omega_n^2}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n + \omega_n^2)} \quad (3.10)$$

Dengan Maksimum overshoot = 10%

$$M_p = e^{-\frac{\zeta 3,14}{\sqrt{1-\zeta^2}}} = 1 - \frac{\zeta}{0.6} \quad (3.11)$$

$$10\% = 1 - \frac{\zeta}{0.6} \quad (3.12)$$

$$10\% + \frac{\zeta}{0.6} = 1 \quad (3.13)$$

$$6 + 100\zeta = 60 \quad (3.14)$$

$$100\zeta = 60 - 6 \quad (3.15)$$

$$\zeta = \frac{54}{100} = 0.54 \quad (3.16)$$

$\zeta$  = Rasio Peredaman

Waktu tunak 0,3 detik

$$t_s = \frac{4}{\zeta\omega_n} \quad (3.25)$$

$$0,3 = \frac{4}{0,54\omega_n} \quad (3.26)$$

$$\omega_n = \frac{4}{(0,54)(0,3)} = 24,6913 \quad (3.27)$$

$\omega_n$  = Frekuensi alami tak teredam

$t_s$  = Waktu tunak (*settling time*)

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{\left(\frac{k_p s + k_i + k_d s^2}{s}\right) \left(\frac{59,5968}{0,08s^2 + s}\right)}{1 + \left(\frac{k_p s + k_i + k_d s^2}{s}\right) \left(\frac{59,5968}{0,08s^2 + s}\right)} = \frac{\omega_n^2}{s^3 + 2\zeta\omega_n s^2 + \omega_n^2 s} \quad (3.28)$$

$$\frac{\left(\frac{k_p s + k_i + k_d s^2}{s}\right) \left(\frac{59,5968}{0,08s^2 + s}\right)}{1 + \left(\frac{k_p s + k_i + k_d s^2}{s}\right) \left(\frac{59,5968}{0,08s^2 + s}\right)} = \frac{24,6913^2}{s^3 + 2(0,54)24,6913s^2 + 24,6913^2 s} \quad (3.29)$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{(k_p s + k_i + k_d s^2)(59,5968)}{0,08s^3 + s^2 + (k_p s + k_i + k_d s^2)(59,5968)} \quad (3.30)$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{(k_p s + k_i + k_d s^2)(744,96)}{s^3 + 12,5s^2 + (k_p s + k_i + k_d s^2)(744,96)} \quad (3.31)$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{744,96k_p s + 744,96k_i + 744,96k_d s^2}{s^3 + 12,5s^2 + 744,96k_p s + 744,96k_i + 744,96k_d s^2} \quad (3.32)$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{744,96k_p s + 744,96k_i + 744,96k_d s^2}{s^3 + (12,5 + 744,96k_d s^2)s^2 + 744,96k_p s + 744,96k_i} \quad (3.33)$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{744,96k_p s + 744,96k_i + 744,96k_d s^2}{s^3 + (12,5 + 744,96k_d)s^2 + 744,96k_p s + 744,96k_i} \quad (3.34)$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{24,6913^2}{s^3 + 2(0,54)24,6913s^2 + 24,6913^2 s} \quad (3.35)$$

Substitusi persamaan (3.34) dan (3.35) untuk mencari nilai  $k_p, k_i, k_d$

$$12,5 + 744,96k_d = 2(0,54)24,6913 \quad (3.36)$$

$$12,5 + 744,96k_d = 26,6666 \quad (3.37)$$

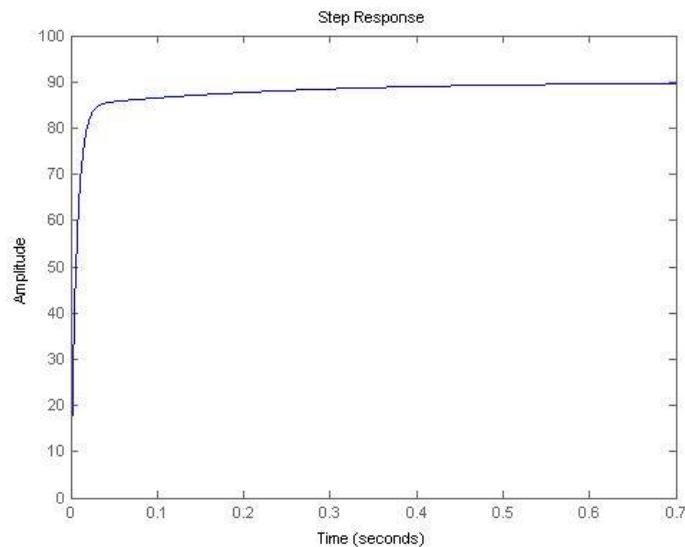
$$744,96k_d = 14,166 \quad (3.38)$$

$$k_d = 0,1901 \quad (3.39)$$

$$744,96k_p = 24,6913^2 = 609,6602 \quad (3.40)$$

$$k_p = 0,8183 \quad (3.41)$$

Sehingga, pada sudut motor YAW didapat nilai  $K_p = 0,8183$  dan  $K_d = 0,9101$ . Kemudian dilakukan pengecekan hasil yang didapat dengan cara memasukkan nilai parameter yang didapat ke MATLAB dengan masukan setpoint 90(derajat), dan diperoleh grafik sebagai berikut



Gambar 1 Grafik MATLAB sudut YAW terhadap waktu

Dapat dilihat bahwa nilai parameter  $K_p, K_d$  yang didapat mempengaruhi sistem sehingga sistem menjadi stabil tanpa adanya overshoot dan respon sistem menjadi lebih cepat menjadi 0,3 detik. Lakukan hal yang sama pada sudut pitch sehingga mendapat  $K_p$ , dan  $K_d$  juga.

## 2. Pengujian dan Analisis

### 2.1 Pengujian PID pada Motor DC Dengan Beban

#### 2.1.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah parameter  $K_p$ , dan  $K_d$  yang telah diperoleh sebelumnya dapat membuat sistem lebih stabil, dan mendapatkan respon yang lebih cepat sesuai tujuan diadakannya penelitian ini. Pengujian dibagi menjadi beberapa bagian yaitu pengujian pada masing-masing motor secara terpisah dan yang terakhir adalah pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian ini sudah termasuk memberikan beban berupa gangguan luar kepada sistem.

**2.1.2 Peralatan Pengujian**

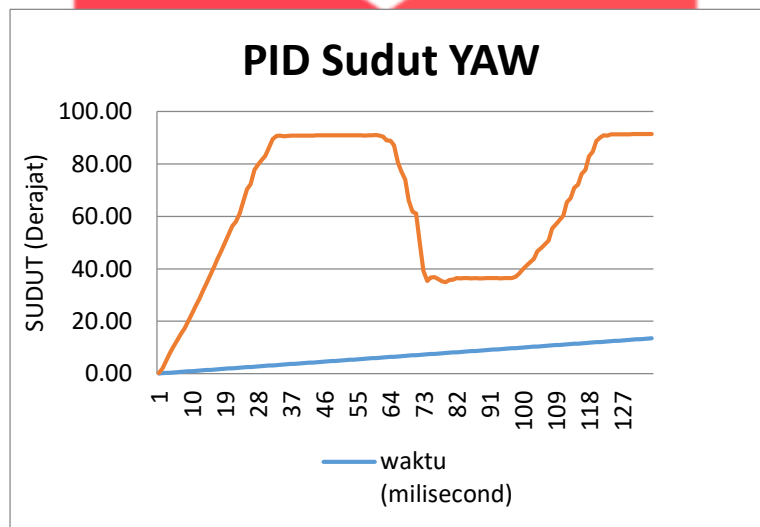
Alat – alat yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian ialah mekanikal dari sistem beserta busur derajat. Laptop untuk melihat secara serial respon yang dihasilkan.

**2.1.3 Cara Pengujian**

Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan alat dengan memasukan setpoint yang sudah ditentukan. Ketika sistem sudah stabil, kemudian sistem diberi gangguan. Lalu waktu yang dibutuhkan untuk mencapai setpoint yang sudah ditentukan dicatat, dan dilihat respon yang dihasilkan.

**2.1.4 Hasil dan Analisis Motor YAW pada sudut 90°**

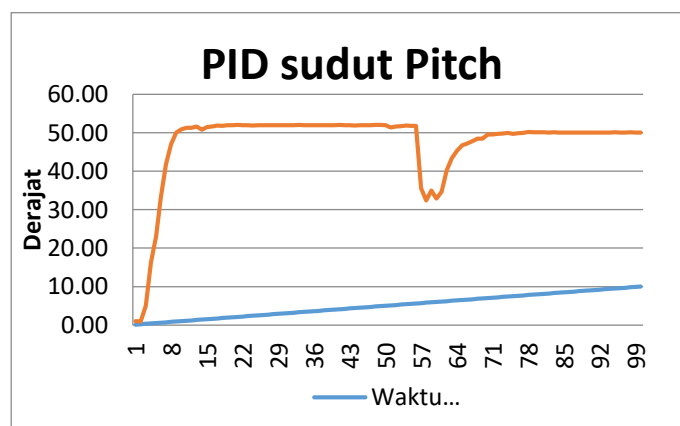
Pengujian dilakukan pada sudut 90° selama 13 detik hingga sistem stabil dan melihat rise time, settling time dan overshoot pada sistem yang telah diberi gangguan pada pertengah pengujian.



Dari data diatas, didapat Rise time sudut untuk mencapai setpoint kembali ialah 2,1 detik, pada detik ke 9,9 sampai detik ke 12,3. overshoot sudut sama dengan 0, dan settling time sama dengan rise time.

**2.1.5 Hasil dan Analisis Motor PITCH pada sudut 50°**

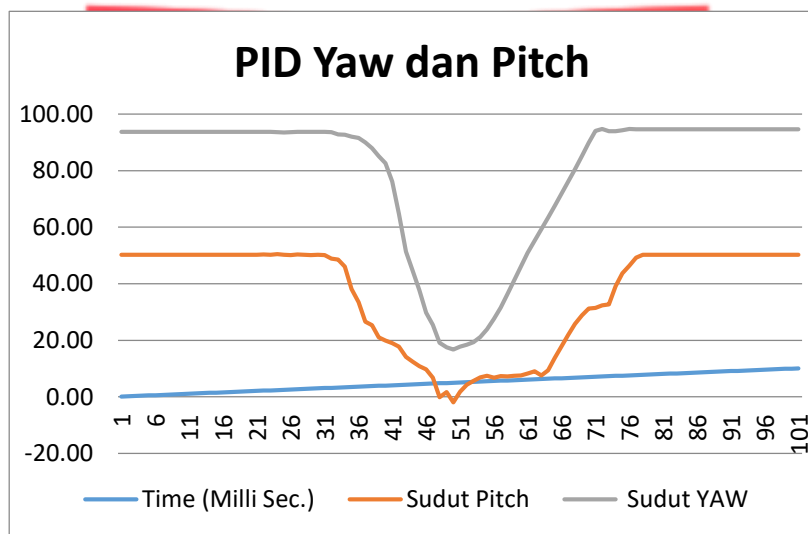
Pengujian dilakukan pada sudut 50° selama 10 detik hingga sistem stabil dan melihat rise time, settling time dan overshoot pada sistem yang telah diberi gangguan pada pertengah pengujian



Dari data tabel diatas, didapat Rise time sudut untuk mencapai setpoint kembali ialah 1 detik, pada detik ke 6 sampai detik ke 7. overshoot sudut sama dengan 0, dan settling time sama dengan rise time.

### 2.1.6 Hasil dan Analisis PID Motor YAW dan Pitch dengan beban

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah parameter Kp, dan Kd yang telah diperoleh sebelumnya dapat membuat sistem lebih stabil, dan mendapatkan respon yang lebih cepat sesuai tujuan diadakannya penelitian ini. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan gangguan kepada kedua motor sekaligus.



Untuk mencapai setpoint masing-masing setpoint sudut yang telah ditetapkan terdapat rise time sebesar 2 detik. Sedangkan selama sudut menjaga setpoint yang telah ditetapkan memiliki error tertinggi sebesar  $4,68^\circ$ .

Dari data pengujian yang didapat, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan kontrol PID untuk mengendalikan sudut dapat bekerja dengan baik, walaupun terdapat gangguan berupa perubahan sudut koordinat secara tiba – tiba, sehingga sistem dapat kembali ke setpoint yang telah ditentukan

### 3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil desain dan implementasi serta uji coba pembuatan sistem pengendali dua sudut koordinat pada sistem, terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, antara lain:

1. Dengan menggunakan metode kontrol PID, sudut pada sistem dapat dijaga dengan baik sesuai dengan tujuan pembuatan tugas akhir ini.
2. Metode PID yang diimplementasikan pada sistem dapat bekerja dengan baik walaupun di beri gangguan yang berbeda – beda.
3. PID Controller dapat bekerja dengan baik untuk memutuskan sudut di setiap motor DC.
4. Respon sistem saat diberikan gangguan dengan menggunakan PID dihasilkan rise time kurang dari 3 detik dan tanpa memiliki overshoot.

**Daftar Pustaka:**

- [1] Killian, C. (2001). *Modern Control Technology : Component and System*. DelmarThomson Learning.
- [2] Widodo, H. S., Effendie, R., & Susila, J. *Perancangan dan Implementasi Kontroler PID untuk Pengaturan Heading dan Pengaturan Arah pada Fixed Wing Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2012
- [3] Isnan Nur Rifai & Fathan Rozani. *Pengaturan sudut pada modul kendali posisi motor otomatis menggunakan kendali PID Discrete*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, 2011
- [4] Hendrawati, D. *Simulator Respon Sistem Untuk Menentukan Konstanta*. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2, 1(1), 31–35, 2011.
- [5] Iswara, P. J., & Putra, A. E. *Sistem Kontrol Keseimbangan Statis Robot Humanoid Joko Klana Berbasis Pengontrol PID*. Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems, 2(1), 67–76. 2012
- [6] Maulidin, M. S., Wijanarko, R., & Budiyanto, N. E. *Simulasi Kontrol PID Untuk Mengatur Putaran Motor AC*. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik 5, 1(1), 23–28. 2014
- [7] Ogata, Katsuhiko, (1995), *Discrete-Time Control System*, Prentice Hall
- [8] [https://www.researchgate.net/figure/Basic-block-diagram-of-PID-controller\\_fig1\\_317686313](https://www.researchgate.net/figure/Basic-block-diagram-of-PID-controller_fig1_317686313) diakses 01-03-2019 diakses 01-02-2019
- [9] Elbani, A. *Simulasi Unjuk Kerja Sistem Kendali PID Pada Proses Evaporasi Dengan Sirkulasi Paksa*. ELKHA, 2(3), 1–6. 2010
- [10] <https://tutorkeren.com/artikel/cara-menggunakan-accelerometer-gyro-mpu6050-arduino-dengan-motor-servo.htm> diakses 03-03-2019
- [11] <https://depokinstruments.com/2012/06/16/pwm-pulse-width-modulation-pembahasan/> diakses 04-03-2019
- [12] Juan Pablo Trujillo Lemus, Germán Correa Vélez, Nancy Janet Castillo, Rodríguez. *PID Controller Design for DC Motor*. Contemporary Engineering Sciences Vol.11, No.99, 2018
- [13] Adityan Ilmawan Putra, *Sistem Pengaturan Posisi Sudut Putar Motor DC Pada Model Rotary Parking Menggunakan Kontroler PID berbasis Arduino MEGA 2560*, Jurnal Mahasiswa Vol.1, No.3, Teknik Elektro Universitas Brawijaya, 2013