

# Sistem Kontrol Pelempar Cincin pada Robot Gajah Divisi KRAI 2023

Rifqi Amalya Fatekha<sup>1</sup>, Lancester SyahPutra<sup>2</sup>

Department of Electrical Engineering, Politeknik Negeri Batam, Batam, Kepulauan Riau, Indonesia

## Article Info

### Article history:

Received month dd, yyyy

Revised month dd, yyyy

Accepted month dd, yyyy

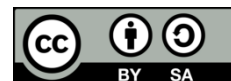
### Keywords:

Abu Robocon  
Pelempar cincin  
PID  
PWM

## ABSTRACT

Abu Robocon merupakan kompetisi robot internasional tahunan yang melibatkan mahasiswa dari negara-negara Asia-Pasifik. Untuk ABU robocon 2023 yang diselenggarakan di Kamboja dengan tema “casting flowers over Angkor Wat” robot yang bisa melempar cincin ke tiang. Kontes robot Abu Indonesia (KRAI) 2023 adalah kontes robot yang bisa melempar cincin ke tiang. Pada penelitian ini mencari kecepatan motor yang stabil agar lemparan cincin bisa masuk ke tiang. Pengujian yang dilakukan yaitu dengan menggunakan sistem tanpa kontrol dan juga dengan menggunakan kontrol PID. Selain itu ada beberapa parameter yang digunakan seperti jarak robot ke tiang, tinggi tiang dan tinggi pelempar. Untuk pelempar cincin sendiri menggunakan motor brushless yang kemudian kecepatan motor tersebut akan ditransmisikan menggunakan gear dan hasil pengujian lemparan cincin menggunakan motor diperoleh. Pada pengujian pertama tanpa menggunakan sistem kontrol nilai dari Rise Time = 2.3 S dan Settling Time = 2.8 S masih terlalu lama untuk mencapai setpoint sehingga cincin perlu waktu untuk bisa dilemparkan. Selain itu cincin yang dilemparkan juga mempengaruhi grafik Error Steady State yang mana Error Steady State = 2.46% meningkat menjadi 12.15% ketika cincin mulai dilemparkan. Kemudian pengujian sistem dengan kontrol PID didapatkan nilai perhitungan Rise time, Settling time, Oveshoot, Error Steady State hasil dari tuning manual ketika cincin dilemparkan sudah baik dengan nilai Rise time = 0.9 s dan Settling time = 1.3 s. sehingga cincin bisa dilemparkan lebih awal. Selain itu cincin yang dilemparkan juga mempengaruhi grafik Error Steady State yang mana Error Steady State = 2.46% meningkat menjadi 12.15% ketika cincin mulai dilemparkan.

*This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.*



## Corresponding Author:

Rifqi Amalya Fatekha

Department of Electrical Engineering, Politeknik Negeri Batam

Jl. Ahmad Yani, Kel. Teluk Tering, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau 29461, Indonesia

Email: [rifqi@polibatam.ac.id](mailto:rifqi@polibatam.ac.id)

## 1. INTRODUCTION

Kontes robot Abu Indonesia (KRAI) 2023 adalah membuat robot yang dapat melempar cincin ke tiang untuk mencetak angka sesuai dengan tema ABU robocoon 2023 [1]. Pelemparan cincin dilakukan dengan menggunakan sistem motor untuk mencari lemparan cincin yang baik dengan menggunakan metode control PID (propotional-integral-derivative) [2][3][4] dan juga tanpa menggunakan metode kontrol PWM [5], [6][7]. Ada 10 cincin yang digunakan yang mana cincin akan dilemparkan pada setiap tiang. Dalam penelitian ini juga digunakan tiang sebagai sasaran pelemparan. Tiang mempunyai jarak yang berbeda-beda oleh karena itu diperlukan kecepatan motor yang berbeda serta kecepatan motor yang stabil agar bisa memasukkan cincin ke tiang.

Agar pelemaran cincin dapat masuk tepat ke setiap tiang. Maka kecepatan motor yang digunakan perlu ditentukan dengan menggunakan metode control PID mencari nilai parameter kp, ki dan kd agar kecepatan pada motor bisa stabil[8], [9]. Selain itu pengujian kecepatan motor juga dilakukan tanpa menggunakan metode kontrol PWM

dalam pelemparan cincin. Dan juga parameter yang digunakan untuk pelemparan cincin agar masuk ke tiang yaitu antara lain jarak dari robot ke tiang, tinggi pelembar, dan tinggi tiang. Parameter tersebut akan digunakan untuk mencari kecepatan motor yang diperlukan dalam melempar cincin ke tiang.

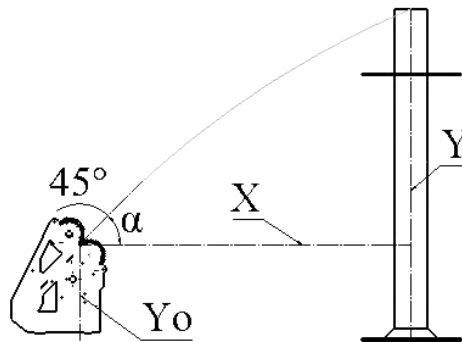
Penelitian ini bertujuan menerapkan metode untuk melempar cincin dengan mencari nilai kecepatan yang stabil pada pelembar menggunakan metode kontrol PID serta tanpa menggunakan metode kontrol PWM dengan jarak tiang yang berbeda-beda. Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh kecepatan motor pelembar yang sesuai dan stabil sehingga bisa diterapkan pada robot.

## 2. METODE

Pada penelitian pelembar cincin ini, metode yang digunakan yaitu menggunakan sistem tanpa kontrol dan juga menggunakan sistem kontrol PID dengan menentukan  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  dalam mencari kecepatan motor yang stabil dan baik dalam melakukan pelemparan cincin.

### 2.1. Parameter Pelembar

Pada gambar 1 merupakan parameter pelembar yang akan digunakan untuk melempar cincin ke tiang.



Gambar 1. Parameter Pelembar Cincin

Keterangan:

$X$  = jarak robot ke tiang

$\alpha$  = Sudut pelembar cincin

$Y$  = Tinggi tiang

$Y_o$  = Tinggi Pelembar cincin

Pada gambar 1.  $X$  merupakan jarak dari robot ke tiang dengan jarak 1 meter dari pelembar cincin ke tiang. Kemudian  $\alpha$  merupakan sudut pelembar dengan besar sudut  $45^\circ$  sebagai sudut tetap dari pelembar.  $Y$  pada gambar 1 merupakan tinggi tiang dengan tinggi 1 meter dan  $Y_o$  adalah tinggi pelembar dengan tinggi pelembar adalah 0.23 meter.

### 2.2. Pengendali PID

Pengendali PID mempunyai tiga komponen pengendali utama diantaranya yaitu proportional(P), integral(I), dan derivative(D) yang digunakan secara bersamaan atau salah satunya saja tergantung dari respon yang diinginkan dari suatu sistem. Pengendali PID ini secara berkesinambungan menghitung galat (error) sebagai pembeda antara nilai acuan setpoint yang diinginkan [10]. PID merupakan metode pengendalian dengan model matematika yang sangat baik karena kesalahan dapat diubah mendekati nol, dan pengendalian stabilitas dapat dicapai dengan menyamakan nilai proses variabel dengan nilai set point. Meskipun PID merupakan metode pengendalian yang bisa dikatakan lebih unggul, ketiganya unsur P, I, dan D yang masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangannya, bisa berdiri sendiri atau bisa berpasangan, yang mana akan saling mempengaruhi untuk menghasilkan sinyal keluaran terbaik atau respons pengontrol dari sistem yang dikontrol [11]. Kemudian pada Pengendali PID ini akan digunakan metode *Ziegler Nichols* untuk membantu dalam menentukan nilai-nilai optimal dari parameter PID. Adapun formula dari *Ziegler Nichols* adalah sebagai berikut.

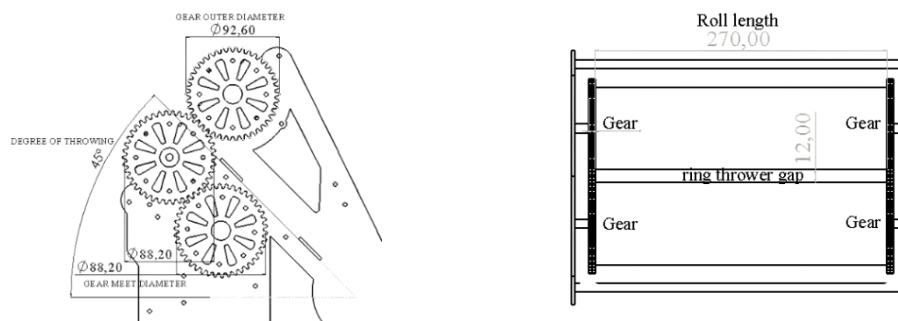
Tabel 1. Formula *Ziegler Nichols* (ZN)

Controller	$K_p$	$K_i$	$K_d$
P	$0.5 K_{cr}$	Infinity	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$P_{cr}/1.2$	0
PID	$0.6 K_{cr}$	$P_{cr}/2$	$0.125 P_{cr}$

Pada Tabel 1. Formula *Ziegler Nichols*  $K_{cr}$  adalah nilai gain proporsional ( $K_p$ ) ketika terjadi osilasi konstan atau steady-state. Ketika  $K_p$  meningkat dari nol, sistem akan mulai berosilasi.  $K_{cr}$  adalah nilai  $K_p$  pada saat osilasi menjadi konstan dan pada saat itu sistem berada pada batas antara stabilitas dan ketidakstabilan. Nilai  $K_{cr}$  dijadikan acuan untuk menentukan nilai  $K_p$  optimal untuk memperoleh respon yang diinginkan. Kemudian  $P_{cr}$  adalah periode osilasi dimana sistem berada pada titik batas antara stabilitas dan ketidakstabilan. Dalam beberapa formulasi.  $P_{cr}$  juga dikenal sebagai waktu transisi atau waktu osilasi kritis.  $P_{cr}$  diukur dari puncak satu osilasi ke puncak osilasi berikutnya dan memberikan gambaran seberapa cepat sistem merespons perubahan.

### 2.3. Desain dan Mekanisme Robot

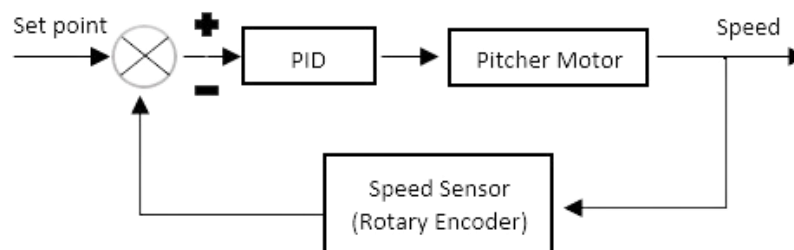
Desain dan mekanisme robot mengacu pada aturan Abu Robocon 2023. Sistem mekanisme pada pelempar mengadopsi pada sebuah pelempar bola [12], [13] dan kemudian dikembangkan untuk pelempar cincin. Mekanisme pelempar yaitu dengan sudut tetap  $45^\circ$  yang mana jarak lemparan terjauh terdapat pada sudut  $45^\circ$  [14], [15], mekanisme pelempar biasanya membutuhkan dua buah roda untuk mengesek permukaan bola [16], namun pada pelempar cincin dibuat dengan menggunakan 2 buah tabung dengan panjang tabung 270 mm dengan diameter 76.2 mm sebagai media untuk melempar cincin, dan juga 2 gear yang memiliki ukuran diameter luar 92.6 mm yang dipasang pada setiap tabung dan 1 pada copel motor untuk mentransmisikan gerakan motor brushless ke tabung, sehingga putaran yang dihasilkan yaitu berupa putaran yang berlawanan arah agar menghasilkan kemampuan untuk melempar cincin.



Gambar 2. Tampak samping pelempar dan tampak depan pelempar cincin

Pada Gambar 2. Pembuatan gear juga harus sesuai dengan ketentuan dalam pembuatan gear tujuannya agar gigi gear bisa saling bertemu dan bisa mentransmisikan gerakan dengan baik [17], [18]. Pada pelempar sendiri motor menggerakkan gear 1 paling bawah sesuai pada gambar 2. kemudian gerakan ditransmisikan pada gear 2 dan juga 3 pada kecepatan yang sama dan ring akan terlempar sesuai dengan kecepatan yang diinput dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols dan pendekatan manual tuning dan juga tanpa metode yaitu input PWM.

### 2.4. Flowchart Sistem



Gambar 3. Flowchart alur kerja alat

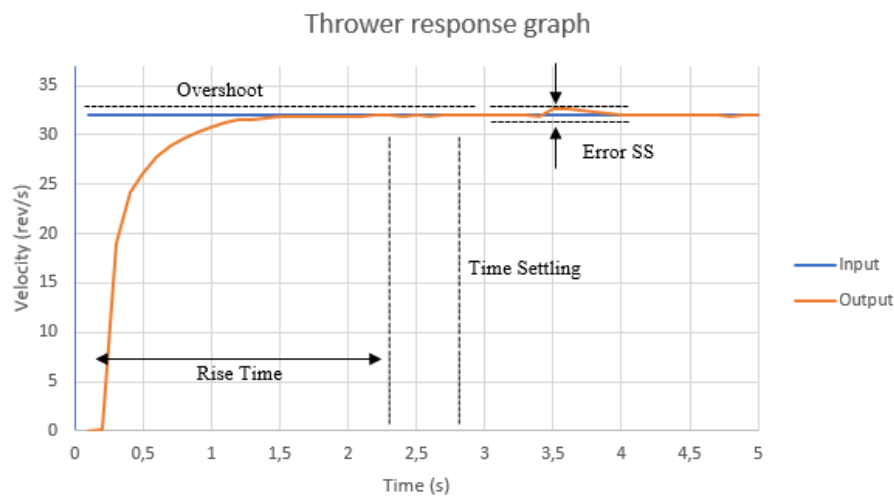
Pada Gambar 3. Input yang dikirimkan ke dalam sistem adalah set point berupa kecepatan motor rev/s yang diproses oleh mikrokontroler berisi program PID dengan sekumpulan parameter PID tertentu. Parameter PID dan set point di masukkan melalui program Arduino. Kemudian mikrokontroler akan mengeluarkan sinyal PWM ke motor Brushless. Setelah itu motor akan menghitung kecepatan berdasarkan jumlah pwm yang dikeluarkan mikrokontroler. Motor brushless akan terus berputar dengan kecepatan tinggi mengikuti perintah Arduino dan akan memberikan output rev/s ke sistem. Setelah itu, kecepatan motor brushless (rev/s) akan dikenali oleh sensor kecepatan (rotary encoder) yang akan dimasukkan ke dalam sistem sebagai umpan balik dan dikirim ke mikrokontroler. Mikrokontroler yang menerima umpan balik akan mengevaluasi perbedaan dari setpoint dan umpan balik sensor kecepatan (Error). Output yang dihasilkan sistem akan ditampilkan pada serial monitor.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian awal dilakukan untuk mengetahui respon nilai dengan pengujian sistem tanpa kontrol dan pengujian selanjutnya dengan menggunakan sistem kontrol PID dalam mencari kecepatan pelempar yang stabil sehingga menghasilkan lemparan cincin yang baik. Kemudian pengujian dilanjutkan dengan melemparkan cincin sebanyak 10 buah dengan jarak 1 meter, tinggi tiang 1 meter dan tinggi pelempar 0.23 meter dengan menggunakan sistem tanpa kontrol dan juga menggunakan kontrol PID.

#### 3.1. Pengujian Sistem Tanpa Kontrol

Pengujian awal dilakukan dengan mencari respon sistem tanpa menggunakan kontrol dengan memasukkan nilai PWM 1656. Nilai PWM 1656 didapatkan dengan percobaan lemparan 1 meter. Karena nilai PWM dibawah 1656 tidak membuat lemparan cincin sampai ke tiang. Adapun grafik respon sistem tanpa kontrol yang dibaca oleh encoder terlihat seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik respon sistem tanpa kontrol PID

Pada Gambar 4 terlihat bahwa sistem mempunyai Rise time, Overshoot, Time settling dan Error Steady State. Rise time adalah waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai 90% dari setpoint sebagai respons terhadap perubahan sinyal input sebesar 10% menunjukkan respons sistem. Kemudian Settling Time adalah waktu yang diperlukan kurva respon untuk mencapai dan menetap di daerah setpoint yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk persamaan rumus pada Rise Time dan Settling Time tidak dituliskan karena nilai ini bergantung pada respon sendiri. Error Steady State yaitu perbedaan antara nilai keluaran dan nilai masukan dalam situasi steady state dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Error SS} = \frac{\text{Maks Error SS} - \text{Min Error SS}}{\text{Setpoint}} \times 100\% \quad (1)$$

Overshoot merupakan nilai tertinggi dari kurva respon dengan persamaan sebagai berikut:

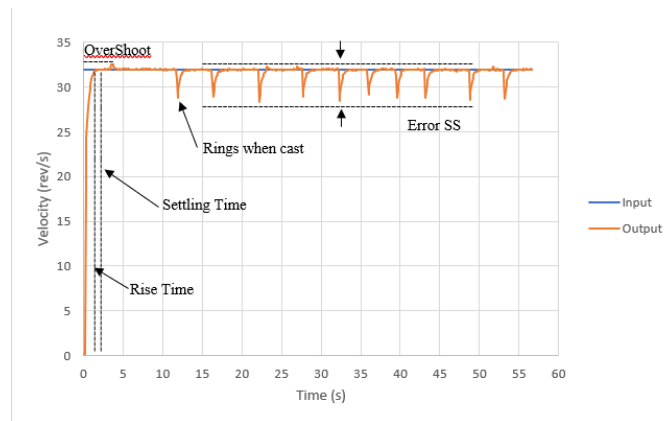
$$\text{Overshoot} = \frac{\text{Maks Overshoot} - \text{Setpoint}}{\text{Setpoint}} \times 100\% \quad (2)$$

Kemudian pengujian dilakukan tanpa kontrol dan mendapatkan hasil respon sesuai dengan Gambar 4. Terlihat bahwa respon sudah mencapai setpoint dengan nilai Rise Time = 2.3 dan Settling Time = 2.8 s. Selanjutnya nilai Error Steady State dan Overshoot pada Gambar 4. Menggunakan persamaan (1) dan (2) dengan nilai sebagai berikut:

$$\text{Error SS} = \frac{32.72 - 31.93}{32} \times 100\% = 2.46\% \quad (3)$$

$$\text{Overshoot} = \frac{32.72 - 32}{32} \times 100\% = 2.25\% \quad (4)$$

dengan mendapatkan nilai dari pengujian sistem tanpa kontrol maka pengujian selanjutnya dilakukan dengan melakukan pelemparan cincin ke tiang. Nilai respon yang telah didapatkan pada sistem tanpa kontrol akan digunakan pada pelemparan cincin selanjutnya dari pengujian lemparan didapatkan hasil lemparan dengan jarak lemparan 1 meter sesuai dengan Gambar 1. Adapun hasil dari pengujiannya adalah sebagai berikut.



Gambar 5. Grafik respon sistem tanpa kontrol PID ketika cincin dilemparkan

Gambar 5 terlihat bahwa grafik respon tanpa menggunakan sistem kontrol ketika melempar cincin menghasilkan nilai yang sama dengan Gambar 4. Perbedaan nilai hanya terletak pada Error Steady State ketika cincin mulai dilemparkan dengan menggunakan persamaan (1) dan menghasilkan nilai sebagai berikut:

$$\text{Error SS} = \frac{32.43 - 28.54}{32} \times 100\% = 12.15\% \quad (5)$$

Berdasarkan data perhitungan Rise time, Settling time, Overshoot, dan Error Steady State ketika cincin dilemparkan maka bisa diketahui bahwa menggunakan sistem tanpa kontrol masih kurang baik. Hal ini dikarenakan nilai dari Rise Time dan Settling Time masih terlalu lama untuk mencapai setpoint sehingga pelemparan pertama perlu waktu untuk bisa melempar cincin. Selain itu cincin yang dilemparkan juga mempengaruhi grafik Error Steady State. Hal ini bisa dilihat dengan adanya perbedaan nilai Error Steady State = 2.46% sebelum cincin di lempar dan ketika cincin dilemparkan nilai Error Steady State naik menjadi 12.15%.

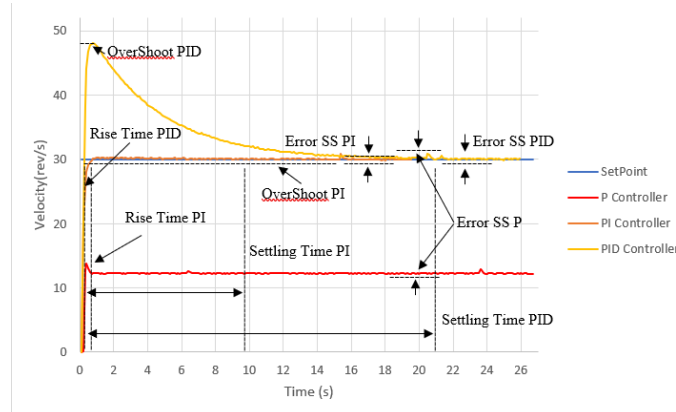
### 3.2. Pengujian Sistem dengan Kontrol PID

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols (ZN)* pada setpoint 30. Nilai setpoint 30 didapatkan dengan melakukan percobaan lemparan 1 meter sesuai dengan Gambar 1. Karena setpoint dibawah 30 membuat lemparan cincin yang dihasilkan tidak sampai ke tiang. Maka diperoleh nilai parameter kendali sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai parameter kendali dengan ZN

Pengendali	Kp	Ki	Kd
P Controller	4	-	-
PI Controller	3.6	0.981	-
PID Controller	4.8	2.181	2.64

Kp = 4 pada respon pengendali PID yang didapatkan pada Tabel 2. Merupakan bentuk PID terbaik dalam osilasinya. Kemudian nilai Kp,Ki,Kd dari PI dan PID controller didapatkan dengan menggunakan formula ZN. Sehingga hasil bisa dilihat bahwa pengendali PI menghasilkan respon baik sesuai pada Gambar 6.



Gambar 6. Respon pengendali PID dengan parameter ZN

Pada gambar 6 diatas menggunakan sistem kontrol dengan PID. Terlihat bahwa hanya kontroler P yang tidak mencapai setpoint sehingga nilai dari rise time, overshoot dan time settling tidak terlihat. Hanya Error Steady State P yang terlihat pada grafik gambar 6. Dengan menggunakan persamaan (1) mendapatkan hasil nilai sebagai berikut:

$$\text{Error SS P} = \frac{30 - 12.8}{30} \times 100\% = 57.3\% \quad (6)$$

Pada Kontroler PI dengan  $K_p = 3.6$ ,  $K_i = 0.981$  sesuai dengan Tabel 1. Berhasil mencapai setpoint. Namun nilai dari Rise Time dan Settling Time masih terlalu lama hal ini bisa dilihat dengan nilai Rise Time PI = 0.8 s dan Settling Time PI = 9.6 s. Kemudian nilai Error Steady State dan Overshoot pada Gambar 6. Menggunakan persamaan (1) dan (2) dengan hasil nilai sebagai berikut:

$$\text{Error SS PI} = \frac{30.8 - 29.86}{30} \times 100\% = 3.13\% \quad (7)$$

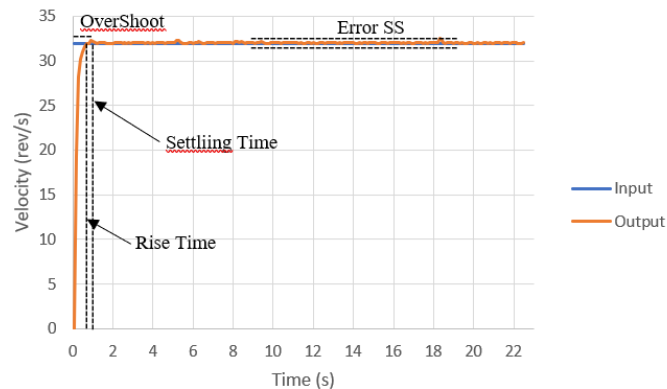
$$\text{Overshoot PI} = \frac{30.8 - 30}{30} \times 100\% = 2.66\% \quad (8)$$

Selanjutnya pada Kontroler PID dengan  $K_p = 4.8$ ,  $K_i = 2.181$ ,  $K_d = 2.64$  sesuai dengan Tabel 2. Berhasil mencapai setpoint. Namun nilai dari Rise Time dan juga Settling Time masih terlalu besar yang mana nilai dari Rise Time PID = 0.3 s dan Settling time PID = 21.1 s. Kemudian nilai Error Steady State dan Overshoot pada Gambar 6. Menggunakan persamaan (1) dan (2) dengan hasil nilai sebagai berikut:

$$\text{Error SS PID} = \frac{30.8 - 29.86}{30} \times 100\% = 3.13\% \quad (9)$$

$$\text{Overshoot PID} = \frac{48.11 - 30}{30} \times 100\% = 60.36\% \quad (10)$$

Terlihat pada pengendali PID bahwa PI menghasilkan nilai respon yang baik namun nilai dari Settling Time PI sendiri masih lama untuk mempertahankan nilai output. Maka dibutuhkan sebuah tuning manual dengan menggunakan nilai PI sebelumnya. Kemudian dengan nilai tersebut akan dilakukan penyesuaian manual tuning untuk mencari parameter kontrol lemparan yang lebih baik dan didapatkan nilai  $K_p = 4.0$ ,  $K_i = 0.951$ ,  $K_d = 2.64$  seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Respon sistem dengan pengendali PI hasil manual tuning

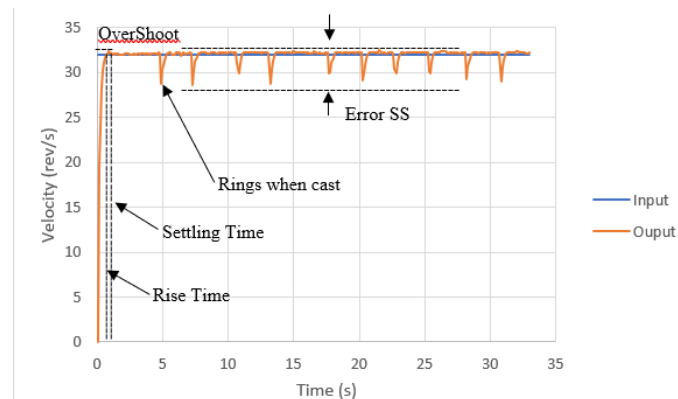
Gambar 7 menunjukkan respon yang baik dari PI hasil manual tuning. Setpoint yang sebelumnya 30 (rev/s) diubah menjadi 32 (rev/s) karena akan digunakan dalam melakukan lemparan cincin ke tiang dengan jarak 1 meter sesuai dengan Gambar 1. Adapun nilai dari Rise Time adalah 0.9 s dan Settling Time yaitu 1.3 s. Kemudian nilai Error Steady State dan Overshoot pada Gambar 7. Menggunakan persamaan (1) dan (2) dengan hasil nilai sebagai berikut:

$$\text{Error SS} = \frac{32.57 - 31.91}{32} \times 100\% = 3.13\% \quad (11)$$

$$\text{Overshoot} = \frac{32.57 - 31.91}{32} \times 100\% = 2.06\% \quad (12)$$

Dengan mendapatkan respon sistem dengan pengendali PI hasil manual tuning yang sangat baik. hal ini bisa dilihat dengan nilai dari Rise Time dan Settling time yang mengecil. Maka pengujian dilanjutkan dengan pelemparan cincin ke tiang. Nilai PI hasil manual tuning yang didapat akan digunakan pada pelemparan cincin. Selanjutnya dari

pengujian lemparan didapatkan hasil lemparan dengan jarak lemparan 1 meter sesuai dengan Gambar 1. Adapun hasil dari pengujiannya adalah sebagai berikut.



Gambar 8. Hasil respon PI dengan manual tuning ketika cincin dilemparkan

Dari hasil Gambar 8 diatas bisa dilihat bahwa perubahan besar pada respon PI ketika cincin dilemparkan hanya terletak pada Error Error Steady State. Adapun nilai dengan menggunakan persamaan (1) adalah sebagai berikut:

$$\text{Error SS} = \frac{32.43 - 28.54}{32} \times 100\% = 12.15\% \quad (13)$$

Berdasarkan data perhitungan Rise time, Settling time, Overshoot, Error Steady State pada saat cincin dilemparkan. Bisa diketahui bahwa hasil tuning manual sudah sangat baik dengan Rise time dan Settling time yang kecil sehingga cincin bisa dilempar lebih awal. Selain itu nilai dari Error Steady State saat cincin belum dilemparkan adalah 3.13% naik menjadi 12.15% pada saat cincin mulai dilemparkan.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian lemparan cincin masuk ke tiang untuk mencari hasil lemparan cincin yang baik dan stabil menggunakan pengujian sistem tanpa kontrol dan juga menggunakan sistem kontrol PID diambil kesimpulan, pada pengujian sistem tanpa kontrol didapatkan bahwa nilai dari perhitungan Rise Time, Settling Time, Overshoot, Error Steady State didapatkan hasil yang kurang baik. Hal ini dikarenakan nilai dari Rise Time = 2.3 s dan Settling Time = 2.8 s masih terlalu lama untuk mencapai setpoint sehingga cincin perlu waktu untuk bisa terlempar. Selain itu cincin yang dilemparkan juga mempengaruhi grafik Error Steady State yang mana Error Steady State = 2.46% meningkat menjadi 12.15% ketika cincin mulai dilemparkan. Kemudian pengujian sistem dengan kontrol PID didapatkan nilai perhitungan Rise Time, Settling Time, Overshoot, Error Steady State hasil dari tuning manual ketika cincin dilemparkan sudah baik dengan nilai Rise time = 0.9 s dan Settling Time = 1.3 s sehingga cincin bisa dilemparkan lebih awal. Selain itu cincin yang dilemparkan juga mempengaruhi grafik Error Steady State yang mana Error Steady State = 2.46% meningkat menjadi 12.15% ketika cincin mulai dilemparkan. Mengambil kesimpulan bahwasanya semakin cepat Rise Time dan Settling Time menuju setpoint maka cincin akan semakin cepat untuk dilemparkan ke tiang. Selain itu perubahan nilai pada Error Steady State hanya terjadi pada saat cincin mulai dilemparkan ke tiang.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Apresiasi disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan baik dari segi sumber daya manusia, dukungan keuangan, dan di fasilitas selama penelitian ini berlangsung. BRAIL di Politeknik Negeri Batam layak mendapat penghargaan khusus dukungan mereka yang sangat berharga.




#### REFERENCES

- [1] P. Penh, A. B. U. A. R. Contest, and P. Penh, "ABU Asia-Pacific Robot Contest 2023 Theme and Rules Casting Flowers over Angkor Wat," no. August 2022, pp. 1–9, 2023.
- [2] R. Muhandian and K. Krismadinata, "Kendali Kecepatan Motor DC Dengan Kontroller PID dan Antarmuka Visual Basic," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, p. 328, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.108034.
- [3] A. Pane, J., Surya, A., Novita, S., Mazmur, R., Aryza, A., Hamdani, Rizky, "Implementasi PID Dalam Mengendalikan Motor Menggunakan Metode PID dan Mikrokontroler Atmega," *Sainteks 2019*, no. Mv, pp. 196–201, 2019, [Online]. Available: <https://seminar-id.com/prosiding/index.php/sainteks/article/download/155/153>

- [4] M. Nur, M. S. Hajah, and G. S. Wardhana, "SISTEM PENGENDALI POSISI KETINGGIAN PADA TOWERCOPTER MENGGUNAKAN KONTROL PROPORSIONAL INTEGRAL DERIVATIF (PID)," vol. 8, no. 2, pp. 9–15, 2021.
- [5] T. Y. Candra and T. Taali, "Sistem Pengendali Kecepatan Motor DC Penguatan Terpisah Berbeban dengan Teknik Kontrol PWM Berbasis Arduino," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, p. 199, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.107877.
- [6] D. Irawan, D. Setiawan, and M. Yetri, "SIMULASI ALAT TREADMILL ELEKTRIK UNTUK KEBUGARAN BADAN DENGAN TEKNIK PWM BERBASIS MIKROKONTROLER," vol. 4307, no. August, pp. 128–137, 2020.
- [7] A. A. M. Harefa, Z. Azmi, and H. Hafizah, "Implementasi Teknik PWM (Pulse Width Modulation) Pada Wipper Mobil Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *Journal of Science ...*, vol. 4307, no. August, pp. 91–95, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR/article/view/423%0Ahttp://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR/article/viewFile/423/353>
- [8] A. Murtono and L. Kamajaya, "Implementasi kontrol PID untuk analisis pengaturan kecepatan motor DC menggunakan STM32," *Seminar Nasional Teknik Elektro dan ...*, no. September, pp. 310–314, 2021, [Online]. Available: <http://118.98.121.208/index.php/sntei/article/view/2802%0Ahttp://118.98.121.208/index.php/sntei/article/download/2802/2537>
- [9] P. Seminar, N. Nciety, and N. Conference, "Sistem Kontrol Proportional Integral Derivative (Pid) Untuk Mengatur Kecepatan Motor Dc Menggunakan Mikrokontroler," *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, vol. 1, no. 1, pp. 528–534, 2020, doi: 10.32497/nciet.v1i1.172.
- [10] R. Damayanti, B. Syawaludin, and H. A. Gunawan, "Design of PI and PID Control System for Induction Motor Control on Gamma Irradiator Characterization Prototype Using a Modified Ziegler-Nichols Method," *Journal of Electrical Technology UMY*, vol. 6, no. 2, pp. 94–102, 2022, doi: 10.18196/jet.v6i2.16412.
- [11] N. Hamid and A. Mansur, "Penalaan Parameter PID dengan Metode Ziegler-Nichols untuk Optimasi Kontrol Kecepatan Motor pada Alat Spin Coater," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, no. September, pp. 315–319, 2021.
- [12] N. P. Ayuningtyas, T. Rustiadi, and H. Pramono, "Development of Ball Launcher Training Devices for Drill Smash , Block , Passing in Volleyball Sports," *Journal of Physical Education and Sports*, vol. 11, no. 1, pp. 114–124, 2022.
- [13] A. Prashant *et al.*, "Fabrication of Foot Ball Launcher Machine," *International Journal of Scientific Research & Engineering Trends*, vol. 6, no. 3, pp. 2395–566, 2020.
- [14] V. Gies *et al.*, "Optimisation of energy transfer in reluctance coil guns: Application to soccer ball launchers," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 9, pp. 1–24, 2020, doi: 10.3390/app10093137.
- [15] A. Baharin, S. H. Nasir, and A. S. Sadun, "Design Improvement Study on a Mobile Rugby Ball Launcher Robot for Indoor Training Purpose," vol. 3, no. 1, pp. 647–655, 2022.
- [16] P. Chudinov, V. Eltyshv, and Y. Barykin, "Analytical construction of the projectile motion trajectory in midair," *Momento*, vol. 2021, no. 62, pp. 79–96, 2021, doi: 10.15446/mon62.90752.
- [17] S. Maláková, M. Urbanský, G. Fedorko, V. Molnár, and S. Sivak, "Design of geometrical parameters and kinematical characteristics of a non-circular gear transmission for given parameters," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 3, pp. 1–24, 2021, doi: 10.3390/app11031000.
- [18] B. Luo and W. Li, "Investigation on the influence of heat on the dynamic characteristics of a gear transmission system," *Eng Fail Anal*, vol. 116, no. July, p. 104724, 2020, doi: 10.1016/j.engfailanal.2020.104724.

## BIOGRAFI PENULIS



**Lancaster SyahPutra**    mahasiswa tingkat akhir program studi Teknik Robotika, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam, yang mempunyai pengetahuan di bidang mekanikal desain robot dan juga elektronika dalam menciptakan solusi inovatif. Dengan latar belakang pendidikan saya yang kuat, khususnya di bidang desain 3D dan juga Assembly robot, saya memiliki pemahaman mendalam tentang dasar pengembangan desain robot dan juga analisa barang yang diperlukan pada robot dalam merancang dan membangun robot, selain itu saya aktif terlibat dalam proyek penelitian dan pengembangan di Barelang Robotics and Artificial Intelligence Lab (BRAIL).