

PERANCANGAN SISTEM KONTROL POSISI SUMBU *AZIMUTH TURRET GUN* MENGGUNAKAN KENDALI PID BERBASIS ARDUINO MEGA 2560

Moh.Rizal Ashari

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : moh.ashari@mhs.unesa.ac.id

Puput Wanarti Rusimamto

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : puputwanarti@unesa.ac.id

Abstrak

Pertahanan suatu negara merupakan bentuk upaya untuk mempertahankan kedaulatan dan merupakan bentuk dari bela negara. Hal ini telah tercantum dalam pada UU No. 3 tahun 2002 tentang pertahanan negara. Salah satu bentuk pertahanan negara dalam bidang teknologi adalah *turret gun*. *Turret Gun* adalah senjata proyektil dengan mekanisme putar dalam orientasi *azimuth* dan elevasi yang memungkinkan senjata dapat ditembakkan ke segala arah. Platform ini dipasang pada kendaraan tempur atau sebuah bangunan. Semakin besar kaliber yang digunakan maka semakin sulit *turret gun* dikendalikan. Maka pada penelitian ini menggunakan kontroler PID (Proporsional Integral Derivative) berbasis arduino mega 2560. Dengan tujuan untuk mempercepat respon kecepatan motor pada *turret gun* serta dapat mempresisikan posisi sumbu *azimuth* pada *turret gun*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mengimplementasikan kendali PID pada *turret gun* dengan nilai $K_p=24.66, K_i=62.58$, dan $K_d=4.537$ dapat memperbaiki respon gerak turret dengan hasil analisis $Ess=0$, maksimal *overshoot* = 4.4%, $t_d = 0.693$ s, $t_r = 2.197$ s, $t_s = 1.281$ s.

Kata Kunci : *Turret gun*, Sumbu *azimuth*, PID (Proporsional Integral Derivative).

Abstract

The defense of a country is a form of an effort to defend the sovereignty and is a form of defending the country. This has been in Law No.3 of 2002 concerning state detention. One form of national defense in the field of technology is *turret gun*. *Turret gun* is projectile weapon with a swivel mechanism in azimuth and elevation orientation that allows weapons to be fired in all directions. This platform is installed on combat vehicles or building. The greater the caliber used, the harder the gun turret is controlled. Therefore in this study using the PID (Proportional, Integral, Derivative) controller based on Arduino Mega 2560. In order to speed up the motor speed response in the turret gun and be able to position the azimuth axis on the turret gun. The results showed that by implementing the PID control on the turret gun with a value of $K_p = 24.66$, $K_i = 62.58$, and $K_d = 4.537$ can improve the turret motion response with the *Ess* analysis results = 0, maximum overshoot = 4.4%, $t_d = 0.693$ s, $t_r = 2.197$ s, $t_s = 1.281$ s.

Keywords: *Turret gun*, azimuth axis , PID (Proportional, Integral, Derivative).

PENDAHULUAN

Pertahanan suatu negara merupakan segala bentuk upaya untuk mempertahankan kedaulatan dan merupakan bentuk dari bela negara. (Wisnu, Danu dkk, 2016).

Hal ini telah tercantum pada UU No 3 tahun 2002 tentang pertahanan negara. Salah satu bentuk pertahanan negara dalam bidang teknologi adalah senjata militer. Semakin berkembangnya zaman, teknologi pada senjata

berkembang dan semakin canggih salah satunya adalah *Turret gun*. *Turret gun* adalah senjata proyektil dengan mekanisme putar dalam orientasi *azimuth* dan elevasi yang memungkinkan senjata dapat ditembakkan ke segala arah. Platform ini dapat dipasang pada kendaraan tempur atau sebuah bangunan. *Turret gun* dapat dipersenjatai oleh meriam, senjata kaliber, *machine gun* atau peluncuran rudal. (Tamara, Moh. Nasyir dkk, 2018).

Sistem *turret gun* mempunyai 2 sumbu gerak, yaitu sumbu *azimuth* dan sumbu elevasi. Sumbu *azimuth* meliputi gerak rotasi *turret* sebesar 360° terhadap horizontalnya, sedangkan sumbu elevasi meliputi gerak rotasi laras senjata 70° terhadap vertikalnya. (Kunto,Dimas,2016).

Dalam penelitian kali ini yang menjadi fokus utama adalah perancangan kendali pada gerak sumbu *azimuth* pada *turret gun* dan bagaimana hasil respon dinamik dari *turret gun*. Salah satu aspek penting yang dikembangkan pada *turret gun* adalah ketepatan dan kecepatan dalam mencapai posisi atau target serta dapat menghasilkan respon dinamikanya. Karena semakin besar ukuran dari *turret gun* maka semakin sulit untuk dikendalikan. (Tamara,Moh.Nasyir dkk,2018).

Maka dari itu pada penelitian kali ini disarankan menggunakan kontroller PID (Proporsional Integral Derivative). Karena kontroler ini paling umum digunakan pada industri.

Adapun langkah-langkah dalam merancang pengendalian PID *turret gun* diawali dengan studi literatur serta studi lapangan mengenai mekanisme dan parameter-parameter yang terdapat pada *turret gun*. (Kunto,Dimas,2016).

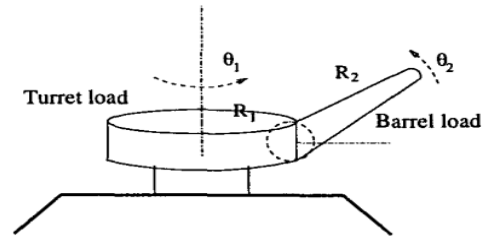
Langkah pertama dalam perancangan sistem kontrol adalah menentukan model matematis dari sistem *turret gun*. Berikutnya adalah merancang sistem kontrol yang sesuai dengan menggunakan kontrol PID. Selanjutnya diakhiri dengan pengujian kestabilan dari sistem yang telah dikontrol tersebut. Hasil yang didapat berupa nilai gain proporsional, integral dan derivatif dari metode tuning yang dipakai untuk merancang kontrol PID dari sistem *turret-gun*. (Wisnu,Danu dkk,2016).

KAJIAN TEORI

Pengertian Turret Gun

Turret gun adalah senjata proyektil dengan mekanisme putar dalam orientasi *azimuth* dan elevasi yang memungkinkan senjata ditembakkan ke berbagai arah. Platform ini dapat dipasang pada sebuah bangunan atau struktur kendaraan tempur. *Turret gun* dapat dipersenjatai dengan satu atau lebih senapan mesin, meriam otomatis, senjata kaliber besar, atau peluncur rudal. (Tamara,Moh.Nasyir dkk,2018).

Sistem Kerja *Turret gun* memiliki 2 area yang bergerak yaitu base yang berputar (*turret*) dan laras (*gun*). Sistem kerja pada *turret gun* dapat ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Sistem Kerja dan Design *Turret Gun*
(Sumber: Tamara,Moh.Nasyir dkk,2018)

Dinamika Sistem

Mayoritas pekerjaan ini dikonsentrasikan pada stabilitas gerakan *turret* dan penolakan gangguan baik yang muncul dari dinamika struktur mekanik, friksi yang timbul dari komponen-komponen yang bergerak, dan *uncertainty* dari medan tempur. Selain itu faktor vibrasi juga menjadi parameter yang perlu dipertimbangkan karena gangguan jenis ini akan berulang-ulang terjadi pada sistem dengan frekuensi dan amplitude tertentu yang dapat mengurangi kestabilan dan performa sistem. Gangguan-gangguan tersebut memberi efek perancangan kontroler *turret* menjadi lebih kompleks. (Tamara,Moh.Nasyir dkk,2018).

Dari Gambar 1 maka Persamaan sistem dinamik dari *turret gun* dapat dituliskan sebagai berikut

$$T_{turret} = D(\theta)\ddot{\theta} + C(\theta, \dot{\theta})\dot{\theta} + G(\theta) \quad (1)$$

Dimana

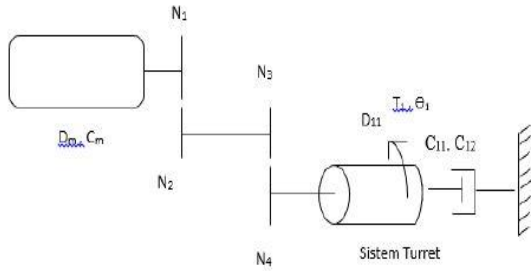
$$D(\theta) = \begin{pmatrix} D_{11} & 0 \\ 0 & D_{22} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$C(\theta, \dot{\theta}) = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Dimana $D(\theta)$ adalah inersia sistem $C(\theta, \dot{\theta})$ adalah vektor coriolis dan efek torsi sentrifugal dan $G(\theta)$ adalah gravitasi. Maka didapat Persamaan sebagai berikut

$$\ddot{\theta}_1 = \frac{T_{turret} - C_{11}\dot{\theta}_1 - C_{12}\dot{\theta}_2}{D_{22}} \quad (4)$$

Input dari sistem dinamik berupa posisi sudut *turret* (θ_1), Kecepatan putar *turret* ($\dot{\theta}_1$), dan percepatan sudut *turret* ($\ddot{\theta}_1$), serta posisi gun (θ_2), dan kecepatan putar gun ($\dot{\theta}_2$). Dimana $\ddot{\theta}_1$ digunakan pada sistem *azimuth turret gun* dan $\ddot{\theta}_2$ digunakan untuk sistem elevasi *turret gun*. (Mushonnifah dkk,2015).



Gambar 2. Ilustrasi Rangkaian motor transmisi dan turret

(Sumber: Wisnu, Danu dkk, 2016)

Dari Persamaan 4 diatas dan Gambar 2 diatas maka dapat disimpulkan Persamaannya sebagai berikut.

$$\ddot{\theta}_1 = \frac{K_t E_a N - [(R_a m_2 R_1 R_2 \sin(\theta_2)) + R_a \frac{1}{3} m_2 R_2^2 \sin(2\theta_2)] \dot{\theta}_2 - N K_t K_b \dot{\theta}_1}{R_a (\frac{1}{2} m_1 R_1^2 + m_2 R_1^2 + m_2 R_1 R_2 \cos(\theta_2) \frac{1}{3} m_2 R_2^2 \cos^2(\theta_2))} \quad (5)$$

Dari Persamaan 6 selanjutnya dilinearisasikan menggunakan metode *jacobian* menghasilkan matriks Persamaan sebagai berikut.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & \frac{N K_t K_b}{R_a (\frac{1}{2} m_1 R_1^2 + m_2 R_1^2 + m_2 R_1 R_2 \cos(\theta_2) \frac{1}{3} m_2 R_2^2 \cos^2(\theta_2))} \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{N K_t E_a}{R_a (\frac{1}{2} m_1 R_1^2 + m_2 R_1^2 + m_2 R_1 R_2 \cos(\theta_2) \frac{1}{3} m_2 R_2^2 \cos^2(\theta_2))} \end{pmatrix}$$

$$C = (1 \ 0)$$

$$D = (0) \quad (6)$$

Persamaan diatas merupakan model *State-Space* $\dot{x} = Ax + Bu$ dan $y = Cx + Du$ yang didapat dari metode *Jacobian*.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & \frac{N K_t K_b}{R_a (\frac{1}{2} m_1 R_1^2 + m_2 R_1^2 + m_2 R_1 R_2 \cos(\theta_2) \frac{1}{3} m_2 R_2^2 \cos^2(\theta_2))} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{N K_t E_a}{R_a (\frac{1}{2} m_1 R_1^2 + m_2 R_1^2 + m_2 R_1 R_2 \cos(\theta_2) \frac{1}{3} m_2 R_2^2 \cos^2(\theta_2))} \end{bmatrix} E_a(t)$$

$$[y] = [1 \ 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Keterangan

- D_{22} = Inersia Sistem Turret
 C_{11} = Konstanta Damping Sistem
 C_{12} = Efek Koriolis gun dengan turret
 T_{turret} = Torsi Sistem Azimuth
 $\dot{\theta}_1$ = Perubahan Kecepatan Sistem Azimuth
 $\dot{\theta}_2$ = Perubahan Kecepatan Sistem Elevasi

- $\ddot{\theta}_1$ = Perubahan Kecepatan Sistem Azimuth
 m_1 = Massa turret
 m_2 = Massa Gun
 R_1 = Radius turret
 R_2 = Panjang Gun
 N = Perbandingan Gear/Rasio Transmisi
 R_a = Resistansi Motor
 E_a = Tegangan motor
 K_b = Back EMF
 K_t = Konstanta Motor DC
 A = Matriks State
 B = Matriks Input
 C = Matriks Output
 D = Matriks Transmisi langsung
 x = Input
 y = Output
 $\dot{x}_1$ = Posisi sumbu turret
 $\dot{x}_2$ = Kecepatan sumbu turret
 u = feedback

Metode Tuning Chien-Hrones-Reswick

Metode Chien - Hrones- Reswick (CHR) menekankan regulasi setpoint atau penolakan gangguan, selain Spesifikasi-spesifikasi pada kecepatan tanggapan dan overshoot yang juga diakomodasi. Dibandingkan dengan metode tuning Ziegler – Nichols, metode CHR menggunakan konstanta waktu secara eksplisit.

Formula tuning kontroler PID CHR terdapat 2 model plant yaitu dengan 0% overshoot dan 20% overshoot. Berikut merupakan Tabel formula dari tuning CHR

Tabel 1. Tabel Tuning Chien-Hrones-Reswick (CHR) Pengaturan Setpoint

Jenis Kontroler	Dengan 0% overshoot			Dengan 20% overshoot		
	K _p	T _i	T _d	K _p	T _i	T _d
P	0,3/a	-	-	0,7/a	-	-
PI	0,35/a	1,2L	-	0,6/a	T	-
PID	0,6/a	T	0,5L	0,95/a	1,4T	0,47L

(Sumber: Andi Publisher, 2019)

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

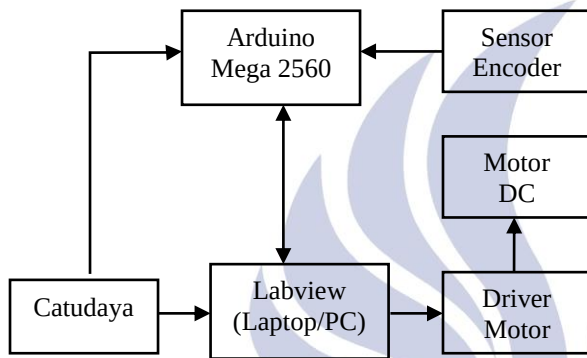
Pada penelitian ini, pendekatan penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Kasiram (2008:149) dalam bukunya Metodologi Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif, mendefinisikan penelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan

yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui.

Pada penelitian ini menggunakan *software* LabVIEW 2014 dan Arduino IDE 1.8.5. *Software* LabVIEW akan digunakan untuk melihat hasil respon dari *Turret Gun*, mendesain kontrolernya, yaitu kontroler PID (*Proportional Integral Derivative*) dengan tuning CHR Sedangkan *software* Arduino IDE digunakan untuk memprogram *hardware plant*.

Rancang Bangun Hardware

Desain sistem kontrol sumbu *azimuth turret gun*. Ditunjukkan pada Gambar 3.



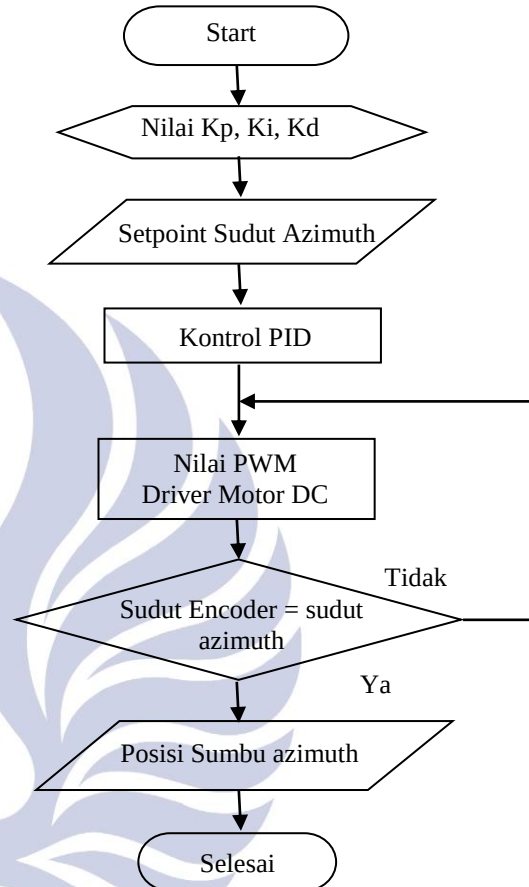
Gambar 3. Model Desain Sistem Pengendali

Pada blok diagram diatas terdiri dari catudaya ,Arduino, Sensor Encoder dan motor DC. Catudaya digunakan untuk sumber tegangan sebesar 220VAC dan 12 VDC. Sensor Encoder digunakan membaca sudut putaran pada motor. Sehingga dapat mengetahui seberapa banyak putaran kah motor telah berputar sampai pada titik sudut yang telah ditentukan. Hasil pembacaan sensor akan dikirimkan ke Arduino. Dimana arduino ini sebagai piranti penghubung yang akan diteruskan ke laptop atau PC. Selanjutnya PC berfungsi sebagai otak untuk memberikan perintah bahwa *turret gun* akan diperintahkan untuk berputar sampai sudut tertentu. Motor DC berfungsi sebagai memposisikan turret sesuai dengan setpoint yang telah ditentukan. Dimana motor DC ini akan berputar 180 derajat sesuai setpoint yang telah ditentukan.

Rancang Bangun Software

Pada Perancangan *Software* ini Pertama,nilai dari kontroler PID diinisialisasikan terlebih dahulu. Nilai *setpoint* sudut azimuth pada turret gun akan dimasukkan secara manual sebagai pergerakan posisi motor dc. Setelah mendapatkan setpoint sudut, maka motor dc akan bergerak secara cepat mengikuti *setpoint* sudut yang telah ditentukan. Setiap pergerakan motor dc, sensor akan membaca nilai sudut yang nantinya akan dibandingkan

dengan *setpoint*. Jika sudut pembacaan dari motor dc sama dengan setpoint maka motor dc tidak akan bergerak. Namun apabila nilai dari sudut motor dc belum sama dengan dengan *setpoint* maka motor akan bergerak sampai *setpoint* sama dengan nilai sudut pergerakan motor dc.



Gambar 4. Flowchart Software

Rancangan Plant Turret Gun

Rancang bangun *plant turret gun* memiliki tinggi keseluruhan 34 cm. Dilengkapi dengan box kendali dengan panjang 30cm, lebar 25cm dan tinggi 11 cm. Dimana pada box terdapat saklar on off dan tombol reset. Diatas box kendali terdapat sebuah senapan yang panjang gunnya 22 cm dimana gun ini berfungsi sebagai sumbu *azimuth* yang akan digerakkan oleh motor DC.



Gambar 5. Desain Plant Turret Gun

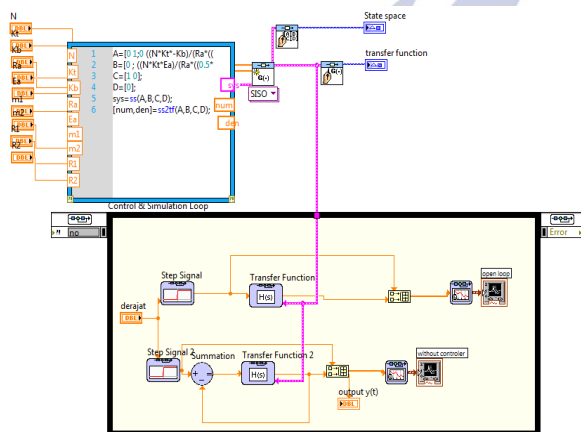
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dan analisis meliputi ; 1) Pengujian Sistem Gerak Sumbu Azimuth Turret Gun 2) Pengujian Sistem dengan Kendali PID

Hasil Perancangan Software

Dalam perancangan *Software* ini digunakan untuk mencari fungsi alih dari *Turret Gun* dan mendapatkan hasil respon simulasi serta memonitoring hasil respon pergerakan posisi dari *Turret Gun* secara *real plant*. *Software* yang digunakan adalah LabVIEW 2014 dimana penentuan *setpoint* dari posisi sumbu Azimuth Turret Gun dapat dimasukkan melalui *Software* ini.

Berikut merupakan diagram VI dari penentuan fungsi alih serta hasil respon simulasi dari *Turret Gun*.



Gambar 6. Block Diagram VI pengujian respon simulasi

Berdasarkan *datasheet* dari motor DC yang digunakan dalam penelitian ini, didapatkan parameter-parameter fisik yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Parameter Fisik Plant

Paramter	Nilai
Rasio perbandingan Transmisi (N)	1 / 2,5
Tegangan Konstan (Kb)	2,117 V/Krpm
Torsi Motor (Kt)	0,0134 Nm/A
Resistansi Motor (Ra)	1,9 Ω
Massa Turret (m1)	0,025 Kg
Massa Gun (m2)	0,01 Kg
Radius Turret (R1)	0,06 m
Panjang Gun (R2)	0,22 m

Dari Parameter Tabel 2. Dapat dicari nilai

$$N = 1 / 2,5 = 0,4$$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -15,9541 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 0 \\ 90,4345 \end{pmatrix}$$

$$C = (1 \ 0)$$

$$D = (0)$$

Setelah mendapatkan hasil persamaan *State Space* diatas maka selanjutnya diubah menjadi kedalam bentuk fungsi alih sehingga didapatkan hasil fungsi alih *Turret Gun* sebagai berikut.

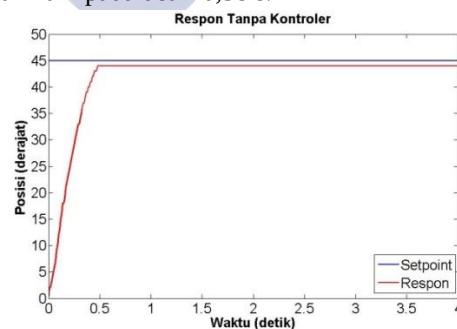
$$TF = \frac{90,4345}{15,9541s+1}$$

Model TF atau *transfer function* tersebut akan digunakan untuk mendesain kontroler PID untuk *tuning* nilai Kp, Ki, dan Kd menggunakan *first method Chien Hrones Reswick* (CHR).

Uji Sistem Gerak Turret Gun

Pengujian Respon Plant Turret Gun Tanpa Kendali

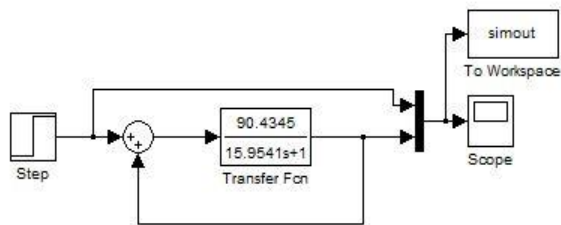
Pada pengujian ini *setpoint* yang digunakan adalah 45 derajat dan tegangan yang digunakan adalah sebesar 12V. Dimana pengujian ini dilakukan untuk melihat respon tanpa kendali. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 7. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan *error steady state* sebesar 1 atau 2,2 % dan respon mulai bergerak naik pada detik 0,38 s.



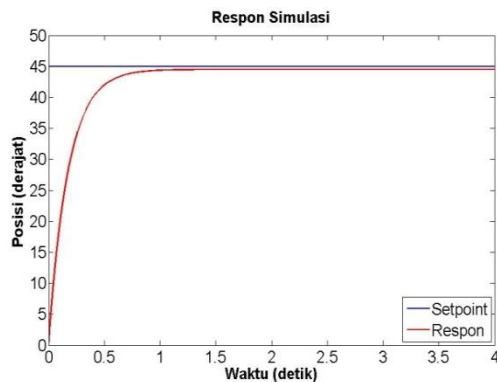
Gambar 7. Respon Real Plant Turret Gun

Pengujian Respon Plant Turret Gun Secara Simulasi

Pada hasil *transfer function* telah ditemukan fungsi alih dari *Plant Turret Gun*. Selanjutnya fungsi alih tersebut disimulasikan untuk melihat responnya. Simulasi dilakukan secara *Closed Loop* seperti yang ditunjukkan Gambar 8 dan hasil menghasilkan respon yang ditunjukkan pada Gambar 9 berikut.

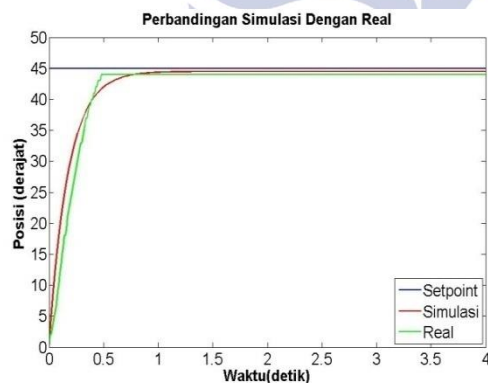


Gambar 8. Diagram block fungsi alih secara Closed Loop



Gambar 9. Respon Simulasi Closed Loop

Setelah mendapatkan respon simulasi maka dapat banding kan dengan respon *Real Plant* dari *Turret Gun*. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Gambar 10 dibawah.

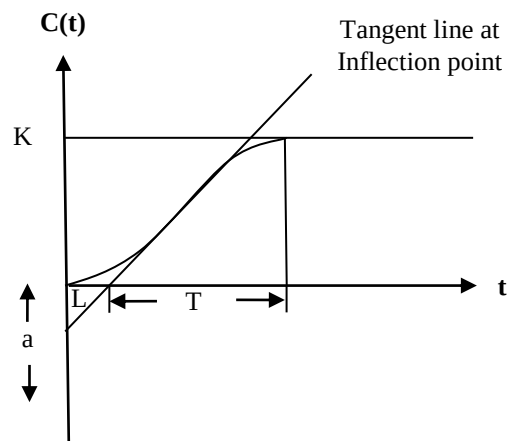


Gambar 10. Hasil Perbandingan Respon simulasi dan *real plant*

Uji Sistem Kendali PID

Penentuan Parameter PID

Pada penelitian ini untuk mencari parameter PID, kami menggunakan metode *Chien Hrones Reswick* (CHR). Parameter yang dibutuhkan pada metode ini yaitu time delay (L), time constant (T), dan maximum value (K). Gambar 11 berikut merupakan grafik s untuk menentukan (L), (T) dan (K).



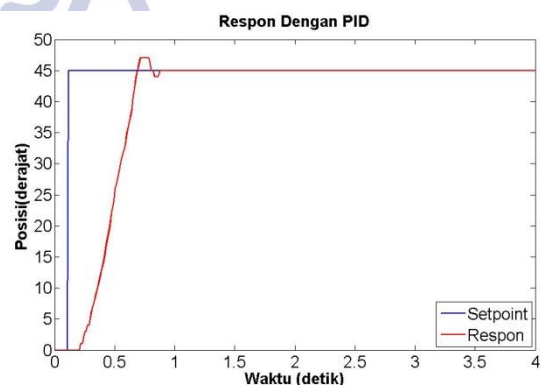
Gambar 11. Karakteristik dari respon metode CHR

Selanjutnya yaitu melakukan melakukan analisis pada Gambar 11 untuk mendapatkan parameter L, T dan K. Dan dari hasil uji coba plant didapatkan nilai $L = 0,36802$, $T = 0,39402$, dan $K = 44$. Sehingga nilai $a = 0,02433$. Setelah mendapatkan nilai L, T dan a selanjutnya mencari nilai parameter PID K_p , T_i dan T_d dengan rumus *First Methode Chien Hrones Reswick* (CHR) 0% overshoot. Berikut tabel aturan tuning *Chien Hrones Reswick* (CHR) 0% overshoot.

Dari Tabel 1 tersebut maka dapat dihitung nilai kontroler PID menggunakan rumus dengan 0% overshoot dan didapatkan hasilnya yaitu $K_p = 24,66$, $K_i = 62,58$, dan $K_d = 4,537$.

Implementasi Kendali PID pada *Turret Gun*

Setelah mendapatkan nilai parameter PID, Selanjutnya diimplementasikan pada *real plant* yang ditujukan untuk memperbaiki memperbaiki respon dengan nilai *error stady state* sekecil mungkin atau sama dengan 0. Berikut merupakan hasil respon dengan menggunakan kendali PID ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Respon *Real Plant* Dengan Kendali PID

Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa respon kendali PID dapat mencapai *setpoint* dengan waktu yang lebih cepat. Namun masih terdapat *Overshoot* pada respon.

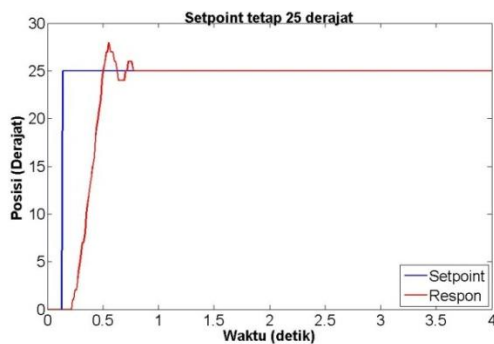
Dari hasil respon dinamik *real plant* yang didapat, dapat dianalisis untuk menunjukkan perubahan respon antara sistem *Turret Gun* tanpa kendali dengan Kendali PID dapat ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 3. Tabel Respon Dinamik *Real Plant*

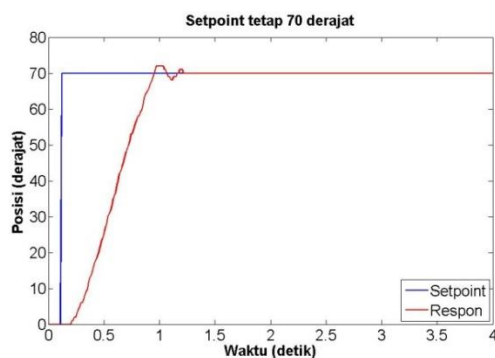
Respon Dinamik	Tanpa Kendali	Dengan Kendali PID
td	0,426 s	0,693 s
tr (5%-95%)	2,944 s	2,944 s
tr (10%-90%)	2,197 s	2,197 s
ts 5%	1,845 s	1,281 s
ts 2%	2,46 s	1,708 s
ts 0,5%	3,075	2,135 s
Ess	2,2%	0%
M0%	0%	4,4%

Pengujian dengan *setpoint* tetap

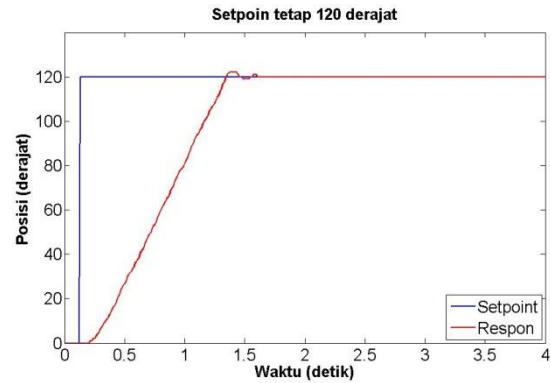
Pada pengujian ini, dilakukan pengujian dengan *setpoint* 25 derajat, 70 derajat dan 125 derajat. Hasil dari respon secara *real plant* dapat ditunjukkan pada Gambar berikut



Gambar 13. Hasil respon kendali PID *real plant* dengan *setpoint* 25 derajat



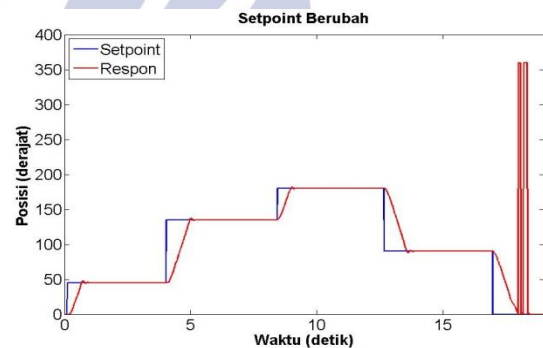
Gambar 14. Hasil respon kendali PID *real plant* dengan *setpoint* 70 derajat



Gambar 15. Hasil respon kendali PID *real plant* dengan *setpoint* 120 derajat

Pengujian dengan *setpoint* berubah

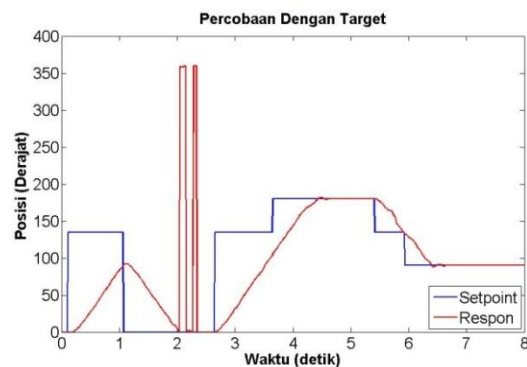
Pada pengujian ini, dilakukan dengan memberikan input *setpoint* secara bervariasi yaitu 45 derajat, 135 derajat, 180 derajat, 90 derajat dan 0 derajat dengan menggunakan kendali PID. Hasil respon dapat ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 16. Hasil respon kendali PID *real plant* dengan *setpoint* berubah

Pengujian sensor sebagai keberadaan target

Pada pengujian ini menggunakan sensor proximity yang diletakkan pada tiga titik yaitu 0 derajat, 90 derajat dan 180 derajat. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan halangan pada salah satu sensor dengan jarak maksimal 30 cm. Berikut hasil pengujian sensor.



Gambar 17. Hasil respon dengan *setpoint* otomatis

Pada Gambar 17 dapat terlihat bahwa ketika sensor mendeteksi suatu target maka *setpoint* akan berubah sesuai pada tempat sensor aktif. Dan apabila target telah hilang atau tidak terdeteksi kembali maka *setpoint* akan kembali seperti awal pertama kali *setpoint* dimasukkan secara manual.

PENUTUP

Simpulan

Menunjuk pada Tabel 3 maka dapat disimpulkan bahwa Kendali PID dengan metode tuning *Chien-Hrones-Reswick* dirancang untuk memperbaiki *error stady state* yang terjadi pada respon tanpa kontroler dan mempercepat respon sehingga dapat mencapai *setpoint*. Dengan mengimplementasikan kendali PID pada *Turret Gun* dengan nilai $K_p = 24,66$, $K_i = 62,58$ dan $K_d = 4,537$ dapat memperbaiki respon dari gerak sumbu *azimuth turret gun* dengan $E_{ss} = 0$, Maksimal *overshoot* = 4,4%, $t_d = 0,693$ s, $t_r(5\%-95\%) = 2,197$ s, $t_r(10\%-90\%) = 2,944$ s, $t_s(5\%) = 1,281$ s, $t_s(2\%) = 1,708$, $t_s(0,5\%) = 2,135$.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penelitian ini dapat dikembangkan menggunakan *image Processing* sehingga dapat mengunci target yang sedang bergerak, sudut putaran *azimuth turret gun* dapat ditambah menjadi 360 derajat sehingga area penembakannya dapat semakin luas, menggunakan metode kontroler yang berbeda seperti fuzzy-PID, LQR dan lain-lain, dapat menggunakan *software* Labview sebagai kontroler kedepannya karena pada penelitian Labview hanya digunakan untuk memonitoring hasil respon dan dapat dikembangkan menggunakan teknologi nirkabel seperti remot kontrol atau *joystick* sehingga dapat menggerakkan dan memonitoring *turret gun* dari jarak jauh.

Daftar Pustaka

- Kunto,Dimas.,Wahjudi,Arif.,Nurhadi,Hendro.2016.“Perancangan Sistem Kontrol PID Untuk Pengendalian Sumbu Elevasi Gun Pada Turret-Gun Kaliber 20mm”. Jurnal Teknik ITS Vol. 5,No 2.
- Mushonnifah,Siti.,Subchan.,Nurhadi,Hendro.2015. “*Numerical Simulation of acceleration and Force Control in Turret Gun System with Disturbance*”. ICAMIMIA 2015.
- Publisher,Andi.2019. “Dasar Sistem Kontrol Dengan Matlab”. (<https://books.google.co.id/>). Diakses Pada 25 Mei.

Tamara, Mohamad Nasyir., Pramuji,Bambang., Nurhadi,Hendro.Pitowo,Endra.2018.“Simulasi Dan Eksperimen Kontrol Automatic Turret Gun”. Jurnal ELTEK, Vol. 16,No 1. April.

Wisnu,Danu.,Wahjudi,Arif.,Nurhadi,Hendro.2016. “Perancangan Sistem Kontrol PID Untuk Pengendalian Sumbu Azimuth Turret Pada Turret-Gun Kaliber 20mm”. Jurnal Teknik ITS Vol. 5,No 2.