

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sistem Pertahanan Laut

Sistem pertahanan laut adalah aspek krusial dalam memelihara serta mengamankan kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Pengembangan sistem ini melibatkan teknologi, strategi, dan kapabilitas militer yang dirancang untuk melindungi perairan nasional dan kepentingan maritim. *Maritime Surveillance and Reconnaissance* menggunakan radar, satelit, pesawat terbang, dan kapal pengawas untuk mendeteksi aktivitas mencurigakan di perairan nasional, memberikan kontribusi penting dalam pemantauan dan perlindungan terhadap wilayah laut NKRI (Arumningsih et al., 2021).

Dalam konteks pertahanan laut NKRI, fokus pada meriam kapal KRI menjadi esensial. Kapal perang NKRI, seperti KRI Kelas Diponegoro, memiliki peran strategis dalam menjaga kedaulatan laut. Meriam kapal tersebut dilengkapi dengan teknologi modern dan sistem senjata yang mumpuni, memastikan kesiapan dan responsibilitas dalam menjaga keamanan laut NKRI.

Salah satu aspek penting dalam pertahanan laut NKRI adalah penggunaan Meriam Bofors MK3 57mm pada kapal perang. Meriam ini menjadi pusat perhatian dalam menjaga keamanan maritim, membuktikan daya tembak dan kemampuan anti-serangan dari kapal perang NKRI. Dengan penerapan metode tuning PID Cohen-Coon (Arumningsih et al., 2021), sistem pengendalian posisi sumbu azimuth pada Meriam Bofors MK3 57mm dapat dioptimalkan untuk memastikan respons yang efisien dan stabil terhadap perubahan kondisi atau ancaman yang mungkin muncul di perairan NKRI.

Dengan demikian, sistem pertahanan laut NKRI tidak hanya mencakup penggunaan teknologi tinggi dalam meriam kapal dan perangkat canggih pada kapal KRI, tetapi juga melibatkan pendekatan terkini dalam tuning PID Cohen-Coon pada Meriam Bofors MK3 57mm. Semua ini merupakan upaya bersama untuk memperkuat ketahanan dan keamanan perairan NKRI, menjadikannya tangguh dalam menghadapi berbagai tantangan di wilayah maritimnya.

2.1.2 Meriam Bofors MK3 Kaliber 57mm

Meriam Bofors MK3 kaliber 57mm merupakan senjata artileri laut yang dirancang untuk digunakan pada kapal perang yang berasal dari Swedia dan memiliki reputasi yang baik dalam dunia pertahanan laut. Perusahaan Bofors, yang memproduksi meriam ini, didirikan pada tahun 1646 di kota Bofors, Swedia. Awalnya beroperasi sebagai pabrik besi, Bofors kemudian berkembang menjadi salah satu produsen senjata terkemuka secara global. Pada abad ke-20, Bofors terkenal dengan produksi senjata artileri, termasuk meriam laut.



Gambar 2.1 Meriam Bofors MK 3 pada KRI Kerambit (627)

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)

Kontribusi Meriam Bofors MK3 terhadap kapal perang Indonesia (KRI) sangat signifikan. Kapal perang seperti KRI Kerambit (627) dan KRI Halasan (630) sebagai kapal cepat rudal (KCR) kelas Sampari, yang dilengkapi dengan Meriam Bofors MK2 kaliber 40mm lalu direlokasi menjadi Meriam Bofors MK3 kaliber 57mm. Meriam Bofors MK3 menjadi bagian integral dari strategi pertahanan laut NKRI, memberikan kemampuan taktis yang tinggi dalam mendukung operasi maritim. Keberhasilan integrasi meriam ini pada KRI juga mencerminkan upaya Indonesia untuk terus meningkatkan kemampuan pertahanan lautnya, memastikan keamanan dan kedaulatan perairan nasional. Sebagai bagian dari sistem pertahanan NKRI, Meriam Bofors MK3 memberikan kontribusi penting dalam menjaga kestabilan dan keamanan wilayah maritim Indonesia.



Gambar 2.2 Meriam Bofors MK3 tampak samping

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)

Kemampuan meriam ini pada Gambar 2.2 sebagai senjata anti-serangan udara dan anti-surface memberikan kapal perang KRI fleksibilitas yang diperlukan dalam menghadapi berbagai ancaman di perairan Indonesia (Subchan et al., 2015). Sistem pengendalian dan

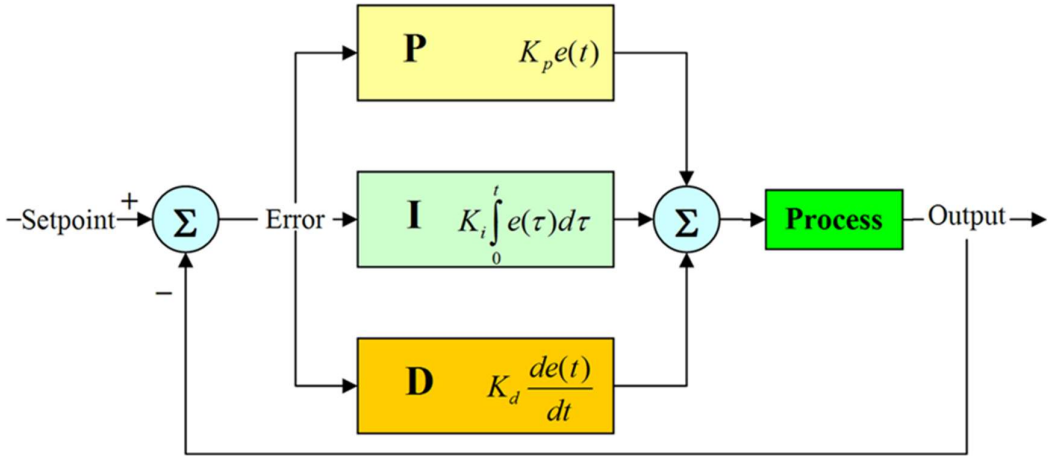
otomatisasi yang dimiliki Meriam Bofors MK3 juga meningkatkan kinerja pertahanan kapal, mendukung integritas dan kehandalan sistem pertahanan laut nasional. Kombinasi antara daya tembak tinggi, kemampuan pelacakan target, dan akurasi tinggi membuat meriam ini efektif dalam mengatasi ancaman dari udara (*Surface to Air*) dan permukaan (*Surface to Surface*) (Dimas Kunto et al., 2016).

2.1.3 PID

PID (Proporsional, Integral, Derivatif) merupakan metode kontrol yang lazim diterapkan dalam sistem kontrol otomatis untuk menghasilkan respons yang diinginkan dari suatu sistem dinamis. Kontrol PID melibatkan tiga komponen utama yang bekerja bersama-sama untuk mencapai target output (Setiawan, 2015; Sulistiyadi & Yuliani, 2020).

1. Proporsional (P): Komponen ini berfungsi untuk memberikan respons terhadap perbedaan antara setpoint (nilai yang diinginkan) dan nilai aktual sistem. Semakin besar selisihnya, semakin besar output proporsionalnya. Dalam konteks Meriam Bofors MK3, komponen proporsional dapat dihubungkan dengan upaya untuk mengatur sudut tembak atau posisi sumbu azimuth berdasarkan perbedaan antara posisi yang diinginkan dan posisi aktual.
2. Integral (I): Komponen integral membantu mengatasi kesalahan yang persisten atau perbedaan yang terus menerus antara setpoint dan nilai aktual sistem. Ini memastikan bahwa sistem dapat mencapai setpoint tanpa menyebabkan kesalahan kumulatif yang berkepanjangan. Dalam konteks meriam, komponen integral dapat membantu mengatasi gangguan atau perubahan kondisi operasional yang lambat.
3. Derivatif (D): Komponen derivatif bekerja untuk meredam respons sistem terhadap perubahan cepat. Ini membantu mencegah osilasi atau *overshoot* yang berlebihan, yang bisa terjadi jika sistem

merespons terlalu cepat terhadap perubahan input. Dalam pengendalian posisi sumbu azimuth Meriam Bofors MK3, komponen derivatif dapat membantu mengoptimalkan respons sistem terhadap perintah perubahan sudut tembak.



Gambar 2.3 Blok diagram Kontrol PID

Sumber: Sulistiyadi (2020)

Diagram yang ditampilkan pada Gambar 2.3 menggambarkan kontroler Proporsional-Integral-Derivatif (PID), sebuah mekanisme kontrol umpan balik yang sangat penting dalam sistem kontrol otomatis (Sulistiyadi & Yuliani, 2020). Di awal proses, 'Setpoint' yang merupakan nilai target yang diinginkan dari sistem (seperti suhu, tekanan, atau kecepatan), diatur dan dijadikan acuan. Output sistem saat ini dikurangkan dari setpoint untuk menghasilkan 'Error', yang merupakan selisih antara kondisi saat ini dan kondisi target.

Kemudian, komponen PID masing-masing mengambil error ini dan menghitung tiga respons berbeda. Pertama, komponen *Proportional* (P) mengalikan error dengan konstanta proporsional untuk menghasilkan respons langsung terhadap kesalahan saat ini. Kedua, komponen *Integral* (I) mengintegrasikan error seiring waktu dan mengalikannya dengan

konstanta integral, yang bertujuan untuk menghilangkan *error* yang berkelanjutan dengan waktu. Ketiga, komponen *Derivative* (D) menghitung turunan *error* terhadap waktu, kemudian mengalikannya dengan konstanta derivatif, yang membantu dalam memperkirakan perubahan *error* di masa depan dan menyediakan dampak peredaman terhadap sistem (Sulistiyadi & Yuliani, 2020; Utama & Tamaji, 2022; Zohedi et al., 2021).

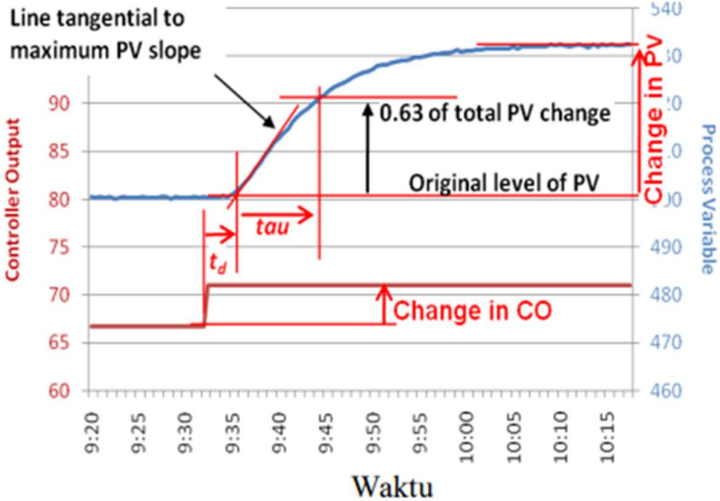
Akhirnya, ketiga respons tersebut dijumlahkan untuk menghasilkan yang akan diberikan pada proses. Tindakan ini diaplikasikan untuk menyesuaikan *output* proses, yang bertujuan untuk mengurangi *error* ke nilai yang sangat minimal. *Output* dari proses kemudian diukur lagi, dibandingkan dengan *setpoint*, dan siklus ini berulang terus-menerus, dengan kontroler PID terus menyesuaikan tindakan kontrol berdasarkan *feedback* terbaru (Said et al., 2022). Dengan demikian, kontroler PID memungkinkan sistem untuk mencapai dan mempertahankan *setpoint* dengan presisi tinggi, sambil menyesuaikan diri dengan perubahan dalam sistem atau kondisi eksternal.

2.1.4 Tuning Cohen-Coon

Ada beberapa teknik tuning yang dalam menetapkan nilai parameter kontrol PID, dengan salah satu metode tuning yang diterapkan adalah metode Cohen-Coon (Bucz & Kozáková, 2018). Menurut referensi yang ditemukan oleh peneliti, keunggulan utama dari metode tuning Cohen-Coon adalah kemampuannya untuk menghasilkan *overshoot* yang minimal. Tetapi, kekurangannya adalah *settling time* yang cenderung lebih lama dibandingkan dengan metode tuning Ziegler-Nichols (Ahmad Aftas Azman et al., 2017; Isdaryani et al., 2020; Supriyanto et al., 2022). Meskipun mirip dengan pendekatan Ziegler-Nichols, metode tuning Cohen-Coon memiliki perbedaan dalam hal peningkatan waktu yang lebih optimal.

Dalam menggunakan metode tuning ini, parameter dicari dengan memperhatikan respons sistem tanpa kontroler. Dengan melihat respons sistem ini, perubahan langkah dapat diidentifikasi secara manual. Metode tuning Cohen-Coon mengambil respon orde pertama dan menambahkan *dead-time* yang berasal dari respons sistem dengan dimodelkan terhadap perubahan langkah.

Berdasarkan respon yang dihasilkan, parameter K_p , t_i , dan t_d , sedangkan τ merupakan waktu efektif yang didapatkan dari respon orde pertama, dan t_d merupakan *dead-time* (Irhas et al., 2020; Siregar, 2022). Untuk penjelasannya dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Step Test untuk Proses Tuning Cohen Coon
Sumber: Arumningsih (2021)

Setelah memperoleh g_p , t_i , dan t_d , dari Gambar 2.4 langkah selanjutnya adalah mencari parameter PID menggunakan rumus tuning Cohen-Coon, yang diuraikan pada Gambar 2.5 (Ahmad Aftas Azman et al., 2017; Arumningsih et al., 2021).

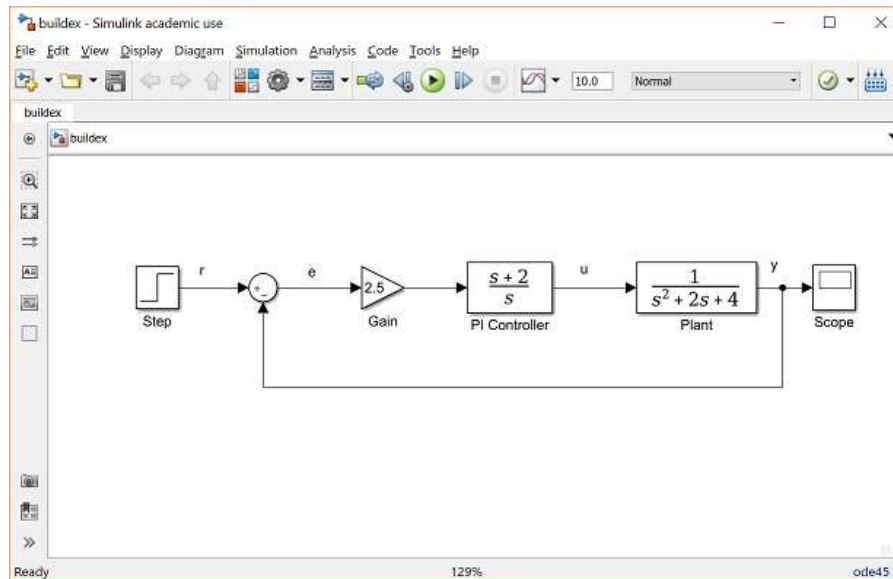
Tabel 2.1 Tabel Rumus Aturan PID Cohen-Coon

	<i>Controller Gain</i>	<i>Integral Time</i>	<i>Derrivative Time</i>
P	$K_C = \frac{1.03}{g_p} \left(\frac{\tau}{\tau_d} + 0.34 \right)$		
PI	$K_C = \frac{0.9}{g_p} \left(\frac{\tau}{\tau_d} + 0.092 \right)$	$T_I = 3.33\tau_d \frac{\tau + 0.092 \tau_d}{\tau + 2.22\tau_d}$	
PD	$K_C = \frac{1.24}{g_p} \left(\frac{\tau}{\tau_d} + 0.129 \right)$		$T_D = 0.27\tau_d \frac{\tau - 0.324\tau_d}{\tau + 0.129\tau_d}$
PID	$K_C = \frac{1.35}{g_p} \left(\frac{\tau}{\tau_d} + 0.185 \right)$	$T_I = 2.5\tau_d \frac{\tau + 0.185 \tau_d}{\tau + 0.611\tau_d}$	$T_D = 0.37\tau_d \frac{\tau}{\tau + 0.185\tau_d}$

Nilai g_p , t_i , dan τ_d yang didapatkan dari Tabel 2.1 tersebut selanjutnya akan diolah menggunakan rumus aturan PID Cohen-Coon pada Tabel 2.1 untuk mendapatkan nilai *Controller Gain* (K_C), *Integral Time* (T_I), dan *Derrivative Time* (T_D) yang kemudian nilai tersebut diolah menggunakan aplikasi Matlab dan Simulink.

2.1.5 Matlab dan Simulink

Matlab merupakan aplikasi pemrograman dan bahasa komputasi numerik yang digunakan secara luas dalam berbagai disiplin ilmu, termasuk teknik, sains, ekonomi, dan pemodelan matematika. Matlab memberikan kemampuan untuk melakukan perhitungan numerik, analisis data, visualisasi, dan pengembangan algoritma. Bahasa pemrograman Matlab dirancang untuk memfasilitasi operasi matematika dan manipulasi matriks, sehingga menjadi alat yang sangat efektif untuk penelitian dan pengembangan di berbagai bidang.



Gambar 2.5 Aplikasi Matlab Simulink 2018

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Seperti pada Gambar 2.5, Simulink yang merupakan *toolbox* atau perangkat tambahan untuk Matlab yang menyediakan lingkungan grafis untuk perancangan, simulasi, dan analisis sistem dinamis. Simulink memungkinkan pengguna untuk memodelkan dan mensimulasikan sistem kontrol, sistem daya, sistem komunikasi, dan berbagai jenis sistem dinamis lainnya dengan menggunakan diagram blok. Dengan Simulink, pengguna dapat dengan mudah menggambarkan hubungan antara berbagai komponen sistem dan melihat bagaimana perubahan pada satu bagian dapat memengaruhi keseluruhan sistem.

Kemudian penggunaan antara Matlab dan Simulink memungkinkan pengembang untuk merancang, menguji, dan mengimplementasikan algoritma kontrol, pemodelan sistem, dan berbagai tugas pemrosesan sinyal dengan cara yang efisien. Kelebihan utama dari penggunaan Matlab dan Simulink adalah fleksibilitas dan kemudahan integrasinya, yang memungkinkan pemodelan matematis dan simulasi sistem menjadi lebih cepat dan mudah diakses.

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Sebagai dasar penelitian ini, didapatkan beberapa penelitian terdahulu yang serupa dengan penulis. Penulis mendapatkan pemahaman, kendala, serta penjelasan untuk mengerjakan penelitian ini. Penelitian terdahulu yang dimaksud adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2 Penelitian terdahulu

No	Penelitian (Tahun)	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Tyas Arumningsih, Puput Wanarti Rusimamto Sistem Pengendalian Posisi Sumbu Azimuth pada Turret Gun dengan PID Tuning Cohen-Coon (2021)	Penelitian yang dilakukan menggunakan metode tuning Cohen-Coon pada kontrol PID dirancang untuk memperbaiki <i>error steady state</i> dan mempercepat respon untuk mencapai <i>setpoint</i> .	Sistem kontrol pada posisi sumbu azimuth menggunakan kontrol PID Cohen-Coon yang menghasilkan nilai K_p , K_i , dan K_d yang dapat memperbaiki respon dari gerak sumbu azimuth	Penerapan sistem kontrol PID Cohen-Coon pada <i>turret gun</i> menggunakan spesifikasi dari rancang bangun yang digunakan. Selain itu, penulis menggunakan spesifikasi rinci dari Meriam Bofors MK3 Kaliber 57mm

2	<p>Moh. Rizal Ashari, Puput Wanarti Rusimamto</p> <p>Perancangan Sistem Kontrol Posisi Sumbu Azimuth Turret Gun Menggunakan Kendali PID Berbasis Arduino Mega 2560 (2019)</p>	<p>Penelitian yang dilakukan menggunakan metode tuning Chien-Hrones-Reswick pada kontrol PID dirancang untuk memperbaiki <i>error steady state</i> dan mempercepat respon untuk mencapai <i>setpoint</i>.</p>	<p>Sistem kontrol pada posisi sumbu azimuth menggunakan kontrol PID yang menghasilkan nilai Kp, Ki, dan Kd yang dapat memperbaiki respon dari gerak sumbu azimuth</p>	<p>Sistem kontrol PID menggunakan metode tuning Chien-Hrones-Reswick. Selain itu, penulis menggunakan metode tuning Cohen-Coon</p>
3	<p>Gema Anwari Siregar, Sitti Amalia</p> <p>Analisis Performansi Pengendali PID Pada Motor DC Dengan Menggunakan</p>	<p>Penelitian yang dilakukan pada kontrol PID menggunakan metode tuning Cohen-Coon untuk mendapatkan nilai <i>overshoot</i> yang stabil</p>	<p>Sistem kontrol PID menggunakan metode tuning Cohen-Coon untuk mendapatkan nilai <i>overshoot</i> yang stabil</p>	<p>Sistem kontrol PID tersebut diterapkan pada motor DC <i>shunt</i> dan motor DC <i>pittman</i> yang sejatinya memiliki <i>overshoot</i> yang tinggi. Selain itu, penulis menerapkan kontrol</p>

	Metode Tuning Cohen-Coon (2022)	pada motor DC <i>shunt</i> dan motor DC <i>pittman</i>		PID pada Meriam Bofors MK3 57mm
4	Puja Awwalia Rohmah, Muhammad Syariffuddien Zuhrie, Bambang Suprianto, I Gusti Putut Asto B. Pengendalian Vibrasi Pada <i>Single Link Flexible</i> Manipulator Menggunakan Simulasi Matlab PID Cohen-Coon (2021)	Penelitian dilakukan pada kontrol PID metode tuning Cohen-Coon untuk mendapatkan nilai <i>rise time, settling time</i> , serta <i>overshoot</i> untuk mempercepat respon getaran serta menstabilkan getaran pada lengan robot <i>Single Link Flexible Manipulator</i>	Sistem kontrol PID menggunakan metode tuning Cohen-Coon untuk mendapatkan nilai <i>rise time, settling time</i> , serta <i>overshoot</i> untuk mempercepat respon kontrol PID	Sistem kontrol PID tersebut diterapkan pada lengan robot <i>Single Link Flexible Manipulator</i> . Selain itu, penulis menerapkan kontrol PID pada Meriam Bofors MK3 57mm
5	Hadi Supriyanto, Fitria Suryatini, Abdur	Penelitian dilakukan pada sensor level	Membandingkan metode tuning Cohen-Coon dengan	Sistem kontrol PID tersebut diterapkan pada sensor level

	Rohman Harits Martawireja, Hendy Radiansyah Implementasi Kontroler PID Dengan Metode Tuning Ziegler-Nichols Dan Cohen-Coon Pada Sistem SCADA Kendali Level Air (2022)	<i>transmitter</i> dan aktuator dari pompa menggunakan kontrol PID dengan membandingkan antara metode tuning Ziegler-Nichols dengan Cohen-Coon untuk pemilihan hasil yang lebih baik pada nilai <i>settling time</i> dan <i>rise time</i> -nya. Hasil dari perbandingan tersebut adalah metode tuning Cohen-Coon lebih cocok digunakan untuk penelitian tersebut	Ziegler-Nichols untuk mendapatkan nilai yang baik pada nilai <i>rise time</i> dan <i>settling time</i> dalam menstabilkan respon kontrol PID	transmitter dan actuato dari pompa dalam mengendalikan level air menggunakan sistem SCADA. Selain itu, penulis menerapkan kontrol PID pada Meriam Bofors MK3 57mm
6	Mohamed E. Said, Fatma A Dran, Muna Emhemed Ib. Ali	Penelitian dilakukan pada controller pada <i>two-Continuous Stirred Tank</i>	Membandingkan metode tuning Cohen-Coon dengan Ziegler-Nichols untuk	Sistem kontrol PID tersebut diterapkan pada <i>two-Continuous Stirred Tank</i>

	Tuning PID Controller for two-Continuous Stirred Tank Reactors in series with Time Delay (2022)	<i>Reactors</i> (2-CSTR) dengan membandingkan antara metode tuning Ziegler-Nichols dengan Cohen-Coon untuk pemilihan hasil yang lebih baik pada nilai <i>overshoot</i> -nya. Hasil dari perbandingan tersebut adalah metode tuning Ziegler-Nichols lebih cocok digunakan untuk penelitian tersebut	mendapatkan nilai yang baik pada nilai <i>overshoot</i> untuk menghindari offset dalam respon kontrol PID	<i>Reactors</i> (2-CSTR). Selain itu, penulis menerapkan kontrol PID pada Meriam Bofors MK3 57mm
7	Yoga Alif Kurnia Utama, Tamaji Perbandingan Metode Tuning PID pada Pengaturan	Penelitian dilakukan pada pengatur kecepatan <i>Parallel Hybrid Electric Vehicle</i> (PHEV) dengan menggunakan metode	Membandingkan metode tuning Cohen-Coon dengan Ziegler-Nichols untuk mendapatkan gerakan yang stabil	Sistem kontrol PID tersebut diterapkan pada pengatur kecepatan <i>Parallel Hybrid Electric Vehicle</i> (PHEV) yang melibatkan metode Bat Algorithm serta dibandingkan

	Kecepatan <i>Parallel Hybrid Vehicle</i> (2022)	tuning Ziegler-Nichols, Cohen-Coon, dan Bat Algorithm kemudian dibandingkan berdasarkan indeks <i>Integral of Squared Error</i> (ISE), <i>Integral of Absolute Error</i> (IAE), <i>Integral of Time Squared Error</i> (ITSE), dan <i>Integral of Time Absolute Error</i> (ITAE). Hasil dari perbandingan tersebut adalah metode Bat Algorithm lebih cocok digunakan untuk penelitian tersebut		dengan indeks <i>Integral of Squared Error</i> (ISE), <i>Integral of Absolute Error</i> (IAE), <i>Integral of Time Squared Error</i> (ITSE), dan <i>Integral of Time Absolute Error</i> (ITAE). Selain itu, penulis menerapkan kontrol PID pada Meriam Bofors MK3 57mm
--	---	---	--	--

8	<p>Muhammad Irhas, Iftitah, Siti Asyiqah Azizah Ilham</p> <p>Penggunaan Kontrol PID Dengan Berbagai Metode Untuk Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC (2020)</p>	<p>Penelitian dilakukan pada pengatur kecepatan motor DC dengan membandingkan metode tuning Ziegler-Nichols, Root-Locus, Fuzzy Logic, <i>Genetic Algorithm</i> untuk pemilihan hasil yang lebih baik pada nilai <i>rise time</i>, <i>settling time</i>, <i>steady state</i>, dan <i>overshoot</i>. Hasil dari perbandingan tersebut adalah metode Fuzzy Logic lebih cocok digunakan untuk penelitian tersebut</p>	<p>Cara membandingkan antar metode tuning dari tiap-tiap nilai parameter PID untuk mendapatkan nilai yang lebih baik jika diberikan <i>value</i> dari spesifikasi objek yang diteliti</p>	<p>Sistem kontrol PID tersebut diterapkan pada pengatur kecepatan motor DC. Selain itu, penulis menerapkan kontrol PID pada Meriam Bofors MK3 57mm</p>
9	<p>Hendrik ELvian Gayuh Prasetya,</p>	<p>Penelitian dilakukan pada sensor ultrasonik</p>	<p>Sistem kontrol PID menggunakan metode</p>	<p>Sistem kontrol tersebut diterapkan pada sensor</p>

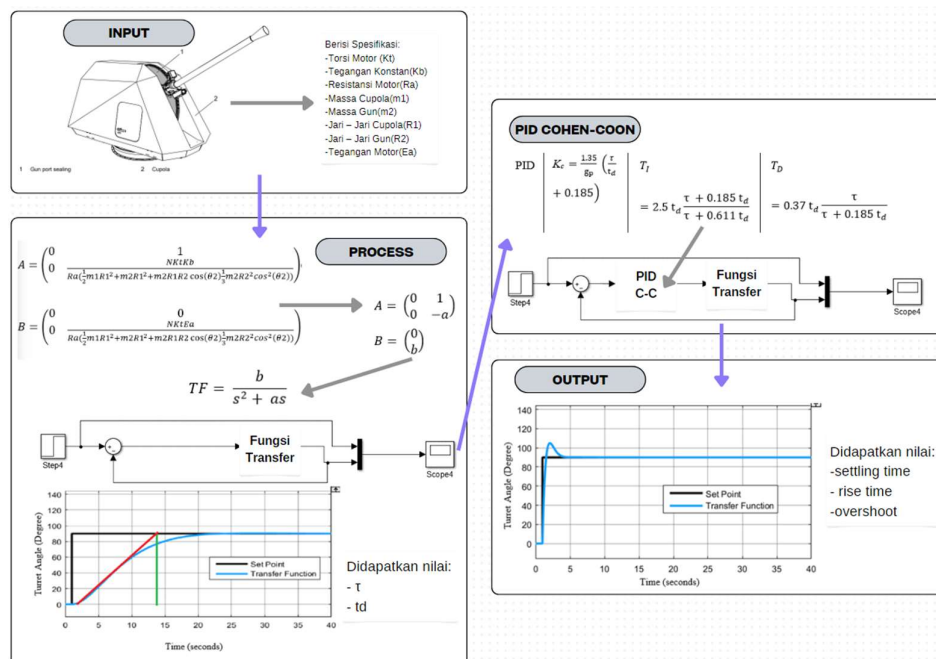
	Prima Dewi Permatasari, Firmansyah	HC-SR04 dan <i>rotary encoder</i> dengan menggunakan metode tuning Cohen-Coon untuk mendapatkan nilai <i>overshoot</i> dan <i>settling time</i> yang stabil dan meminimalisir nilai <i>error</i>	tuning Cohen-Coon untuk mendapatkan nilai <i>settling time</i> dan <i>overshoot</i> untuk mengurangi nilai <i>error</i>	ultrasonic HC-SR04 dan rotary encoder. Selain itu, penulis menerapkan kontrol PID pada Meriam Bofors MK3 57mm
	Rancang Bangun Sistem Pengendalian Level Pada Tangki Penyimpanan Menggunakan <i>Degree of Freedom Analysis</i> Dengan Tuning PID Berdasarkan Metode Cohen-Coon (2020)			
10	F Isdaryani, F Feriyonika, R Ferdiansyah	Penelitian dilakukan pada Magnet didalam Hall Effect Sensor terhadap kumparan	Cara membandingkan antar metode tuning dari tiap-tiap nilai parameter PID	Sistem kontrol tersebut diterapkan pada Hall Effect Sensor terhadap kumparan. Selain itu, penulis menerapkan

	<p>Comparison of Ziegler-Nichols and Cohen-Coon tuning method for magnetic levitation control system (2019)</p>	<p>dengan membandingkan antara metode tuning Cohen-Coon dan metode tuning Ziegler-Nichols untuk mendapatkan nilai <i>time delay</i>, <i>rise time</i>, <i>settling time</i>, <i>overshoot</i>, dan <i>steady state error</i>. Hasil dari perbandingan tersebut adalah metode Ziegler-Nichols lebih cocok digunakan untuk penelitian tersebut.</p>	<p>untuk mendapatkan nilai yang lebih baik</p>	<p>kontrol PID pada Meriam Bofors MK3 57mm</p>
--	---	---	--	--

Berdasarkan Tabel 2.2 tentang penelitian terdahulu memiliki persamaan dengan penelitian yang akan dilakukan penulis dalam tugas akhir ini adalah melakukan optimalisasi pengendalian posisi sumbu azimuth pada turret atau meriam menggunakan PID. Dari penelitian sebelumnya telah dilakukan percobaan dimana menggunakan beberapa metode PID yang cocok untuk mengoptimalkan pengendalian posisi sumbu azimuth pada turret atau meriam yang menghasilkan nilai *rise-time*, *settling time*, dan *overshoot* yang optimal. Dari Tabel 2.2 tersebut, penelitian yang melakukan perbandingan terhadap beberapa metode PID seluruhnya menyebutkan bahwa metode PID yang cocok untuk pengendalian turret atau meriam menggunakan PID Cohen-Coon yang detailnya akan dibahas pada Gambar 2.6 pada Kerangka Berpikir.

2.3 Kerangka Berpikir

Dalam mengoptimalkan pengendalian posisi sumbu azimuth Meriam Bofors MK3, kerangka berpikir yang digunakan melibatkan penerapan metode tuning PID Cohen-Coon. Pendekatan ini mendasarkan diri pada prinsip-prinsip kontrol proporsional (P), integral (I), dan derivatif (D) untuk mencapai keseimbangan yang optimal antara respons sistem dan ketahanan terhadap perubahan. Setelah itu, metode kuantitatif digunakan untuk menganalisis fungsi transfer sistem, untuk menjadi dasar dari tuning PID Cohen-Coon. Proses tuning tersebut melibatkan parameter PID secara spesifik, yaitu proporsional, integral, dan derivatif, berdasarkan respons sistem terhadap perubahan input. Dengan menggunakan simulasi Matlab Simulink, efek dari perubahan parameter PID Cohen-Coon dievaluasi untuk memastikan bahwa pengendalian posisi sumbu azimuth dapat dicapai dengan respons yang cepat, akurat, dan stabil. Hal ini akan dijelaskan melalui Gambar 2.6 dalam bentuk bagan sebagai berikut:



Gambar 2.6 Pengontrolan PID Cohen-Coon pada Meriam Bofors

Sumber: Diolah Penulis (2023)

Berdasarkan Gambar 2.6, menjelaskan bahwa kerangka berpikir dari optimalisasi gerakan Meriam Bofors MK3 57mm menggunakan PID dengan metode tuning Cohen-Coon sebagai berikut:

1. *Input*: Meriam Bofors MK3 memiliki spesifikasi yang berisi torsi motor, tegangan konstan, resistansi motor, massa cupola, massa gun, jari-jari cupola, jari-jari gun, serta tegangan motor.
2. *Proses*: Semua parameter dari *input*-an akan dimasukkan pada rumus dari metode Jacobian (Danu Wisnu et al., 2016). Kemudian menghasilkan nilai a dan b yang akan dimasukkan kedalam rumus fungsi transfer yang kemudian hasilnya akan didapatkan nilai τ dan t_d .
3. *Output*: Nilai τ dan t_d yang didapatkan dari fungsi transfer yang kemudian nilai K_p , T_i , dan T_d yang dihasilkan dari rumus tuning Cohen-Coon dimasukkan ke dalam persamaan PID. Tiga parameter tersebut yang digunakan pada PID tuning Cohen-Coon (Arumningsih et al., 2021). Kemudian mendapatkan output berupa grafik yang sudah diberikan PID tuning Cohen-Coon yang dapat dibandingkan dengan grafik sebelumnya yang tanpa menggunakan PID. Hasil dari grafik tersebut didapatkan nilai *rise-time*, *settling-time*, dan *overshoot* yang diinginkan (Afifah & Rusimamto, 2019; Ashari & Rusimamto, 2019).

2.4 Hipotesis

Hipotesis dari penggunaan metode tuning PID Cohen-Coon terhadap Meriam Bofors MK3 kaliber 57mm adalah bahwa pendekatan ini dapat menghasilkan kontrol yang optimal dan respons yang stabil terhadap perubahan posisi sumbu azimuth pada meriam. Dengan memanfaatkan parameter kontrol proporsional, integral, dan derivatif yang dihasilkan oleh metode Cohen-Coon, diharapkan meriam dapat dengan cepat dan akurat menyesuaikan posisinya sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

Penggunaan metode Cohen-Coon diharapkan dapat mengatasi dinamika kompleks dari meriam Bofors MK3, termasuk faktor-faktor seperti dinamika struktur mekanik, gesekan pada komponen bergerak, dan ketidakpastian yang mungkin muncul di medan tempur. Metode ini dirancang untuk mengoptimalkan parameter PID agar sesuai dengan karakteristik dari sistem yang dikendalikan, dan hal ini diharapkan dapat meningkatkan kestabilan dan performa meriam dalam berbagai kondisi operasional (Danu Wisnu et al., 2016; Dimas Kunto et al., 2016).

Selain itu, pada hipotesis ini juga mencakup asumsi bahwa metode tuning PID Cohen-Coon dapat memberikan kemudahan dalam proses pengaturan parameter, meminimalkan waktu dan usaha yang diperlukan untuk mendapatkan pengaturan yang optimal. Dengan demikian, metode ini dapat menjadi pilihan yang efektif dalam meningkatkan kontrol dan respons meriam Bofors MK3.

Hipotesis yang didapatkan dari optimalisasi pengendalian posisi sumbu azimuth pada Meriam Bofors MK3 Kaliber 57mm dengan PID Cohen-Coon adalah:

a. H1: Perancangan kontrol PID Cohen-Coon dapat mempercepat gerakan Meriam Bofors MK3 57mm untuk mencapai posisi target menggunakan Matlab Simulink

H0: Perancangan kontrol PID Cohen-Coon tidak dapat mempercepat gerakan Meriam Bofors MK3 57mm untuk mencapai posisi target menggunakan Matlab Simulink

b. H1: Perancangan kontrol PID Cohen-Coon menghasilkan nilai K_p , K_i , dan K_d yang ideal untuk menghasilkan respon sistem yang baik

H0: Perancangan kontrol PID Cohen-Coon tidak menghasilkan nilai K_p , K_i , dan K_d yang ideal untuk menghasilkan respon sistem yang baik