

Desain Kontrol *Proportional-Integral-Derivative* (PID) untuk Simulator Meriam Artileri Serangan Udara (ARSU) 57mm

Munadi¹⁾, Farika Tono Putri²⁾, Joga Dharma Setiawan²⁾

¹⁾Lab. Komputasi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²⁾Lab. Kontrol dan Robotika, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang 50275

E-mail: munadi@undip.ac.id

Abstrak

Kepresisian yang tinggi dalam pengontrolan sistem peralatan persenjataan sangat dibutuhkan. Dalam tulisan ini, peneliti menjadikan meriam ARSU (Artileri Serangan Udara) 57 mm sebagai objek penelitian karena menjadi salah satu peralatan persenjataan TNI yang sering digunakan tetapi masih secara manual dalam pengoperasiannya. Pada meriam ARSU 57 mm terdapat dua sudut yang harus dikontrol yaitu sudut putar (*traverse*) baringan meriam dan sudut elevasi laras meriam (*barrel*) itu sendiri dalam membidik sasaran. Untuk menghasilkan kontrol yang presisi, peneliti membuat simulator meriam ARSU 57 mm sebagai model, dan menggunakan bantuan *software* MATLAB khususnya *toolbox* Simulink untuk mensimulasikan pendekatan matematis dan SimMechanics Second Generation untuk mensimulasikan pendekatan secara fisik. Sedangkan mikrokontroler dipilih sebagai *hardware* dalam mengaplikasikan kontrol pada aktuator berupa DC motor yang digunakan pada masing-masing *joint* simulator. Dalam penelitian ini, metode kontrol *proportional-integral-derivative* (PID) didesain dan digunakan dengan tujuan agar simulator meriam ARSU 57 mm dapat merospon *tracking* sasaran dengan cepat dan presisi sehingga tingkat akurasi sebagai peralatan persenjataan akan lebih baik. Kontroler yang didesain sudah mempertimbangkan beberapa faktor seperti massa laras dan gangguan angin sehingga kesalahan (*error*) yang dihasilkan dapat diminimalkan sekecil mungkin. Hasil simulasi akan memverifikasi kinerja kontrol PID.

Keywords: ARSU 57 mm, MATLAB, Kontrol PID, Simulink, SimMechanics.

Pendahuluan

Indonesia yang merupakan salah satu negara kepulauan di dunia yang mempunyai wilayah geografis yang cukup luas membutuhkan pertahanan dan keamanan khususnya alutsista untuk melindungi wilayahnya. Tentu saja biaya yang diperlukan untuk membeli alutsista tersebut cukup tinggi, untuk itu Indonesia perlu mengembangkan dan memproduksi sendiri sistem alutsista tersebut agar tidak tergantung negara lain (Annie K., 2005).

Meriam ARSU 57 mm adalah salah satu bagian besar dalam sistem senjata TNI Angkatan Darat dan Angkatan Laut, dimana laras meriam merupakan tempat keluarnya proyektil yang ditembakkan. Meriam ARSU 57 mm masih digerakkan secara manual oleh tenaga manusia dalam mengarahkan laras pada saat menghadapi arah datangnya musuh, kapal, pesawat (*target*). Gambar 1 menunjukkan gambar meriam ARSU 57 mm.

Dalam pengoperasian ARSU 57 mm saat ini masih dilakukan dengan memutar poros engkol (*putaran*) untuk menggerakkan posisi sudut elevasi laras meriam. Karena dilakukan secara manual, maka

parameter akan berubah-ubah dari setiap operator yang dapat menyebabkan ketidaklinieran gerakan posisi sudut meriam sehingga sering tidak sesuai yang diinginkan.



Gambar 1. Meriam ARSU 57 mm.

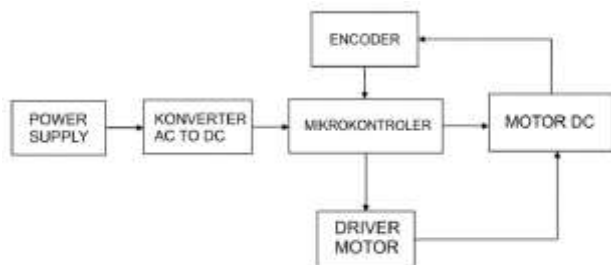
Untuk mengatasi hal tersebut maka dibuat suatu sistem control yang dapat membantu mengarahkan posisi putar

Tabel 1. Tabel data-data parameter meriam ARSU 57 mm.

Body Meriam	Masa (gr)	Momen Inersia (kg/mm ²)			Pusat Massa (mm)		
		Ixx	Iyy	Izz	x	y	z
Dudukan Baringan	853,81,49	20,63,35	31,44,94	18,78,40	26,4,1	-,116,1	287,1
Body baringan	374,8,51	51,22,7,9	57,93,4,5	39,83,0,6	4,1,7	55,0,7	16,2,3
Body laras	635,90	34,64,28	24,68,40	51,37,56	84,56	154,48	32
Laras	250,226	15,54,0,9	15,54,0,9	9,8,0	0,0,10	0,00,016,3	282,46

Sistem Kontrol PID

Kontrol otomatis saat ini memberikan peran yang sangat besar dalam kehidupan manusia, terutama dalam bidang ilmu pengetahuan dan industri. Desain sistem kontrol baik dalam hal teori maupun praktek akan menghasilkan suatu sistem dengan respon yang sesuai dengan kebutuhan dimana sistem kontrol yang dirancang, perlu dianalisa terlebih dahulu untuk mendapatkan gambaran respon sistemnya. Sebelum mendiskusikan lebih lanjut tentang sistem kontrol, Gambar 8 menunjukkan komponen hardware yang dibutuhkan untuk implementasi sistem kontrol. Aktuator yang digunakan dalam penelitian ini adalah motor DC (Raul O., dkk, 2000).



Gambar 8. Diagram komponen utama sistem kontrol untuk simulator ARSU 57 mm

Kontrol PID merupakan salah satu jenis pengatur yang banyak digunakan. Pada penelitian ini, tahap pertama untuk system control yang digunakan adalah kontrol PID dan tahap selanjutnya akan dikembangkan dengan metode lain seperti sistem

fuzzy logic. Kontrol PID terdiri dari 3 jenis cara pengaturan yang saling dikombinasikan, yaitu P (proportional) controller, I (integral) controller, dan D (derivative) controller. Masing-masing memiliki parameter tertentu yang harus diset untuk dapat beroperasi dengan baik, yang disebut sebagai *konstanta*. Parameter-parameter tersebut, tidak bersifat independen, sehingga pada saat salah satu nilai konstantanya diubah, maka mungkin sistem tidak akan bereaksi seperti yang diinginkan. Yang jelas, tujuan yang hendak dicapai dengan penggunaan control PID adalah memiliki rise time yang cepat, overshoot sekecil mungkin, dan tidak memiliki steady state error.

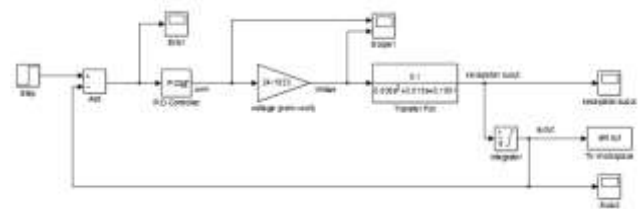
Selanjutnya, untuk merancang sistem kontrol PID dicari transfer function sistem. Transfer Function untuk motor baringan dinyatakan dengan:

$$G(s) = \frac{0,1}{0,005 s^2 + 0,06s + 0,1001}$$

Untuk transfer function motor elevation *barrel* dinyatakan dengan:

$$G(s) = \frac{0,1}{0,005 s^2 + 0,04s + 0,1}$$

Selanjutnya Gambar 9 menunjukkan blok diagram sistem kontrol PID dengan menggunakan Simulink.



Gambar 9. Blok diagram sistem kontrol PID

Adapun sinyal kontroler dengan kontrol PID seri dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

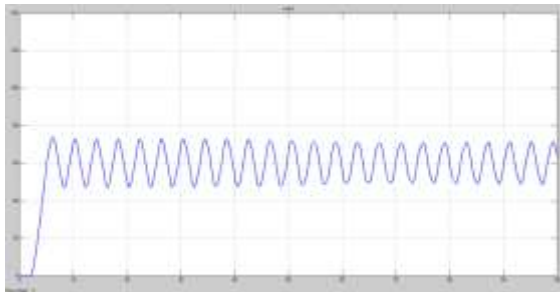
$$U(s) = K_p \left(E(s) + \frac{1}{T_i s} E(s) + T_d s E(s) \right)$$

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

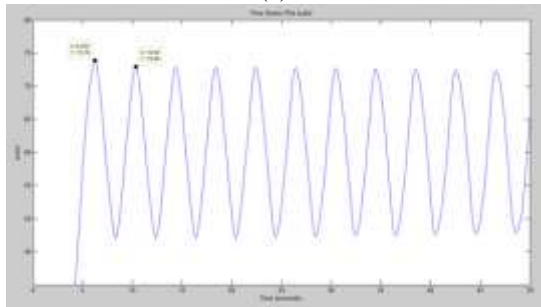
Permasalahan terbesar dalam desain kontroler PID adalah tuning, yaitu menentukan nilai Kp, Ki, dan Kd. Selama ini metode-metode *tuning* yang dilakukan berdasar pada model matematika plant/system, tetapi jika model tidak diketahui, maka dilakukan eksperimen terhadap sistem. Pada penelitian ini, cara *tuning* kontroler PID dilakukan mengikuti metode tuning Ziegler-Nichols dilakukan dengan eksperimen dimana bertujuan untuk pencapaian maximum overshoot (MO):

25 % terhadap masukan *step*.

Dengan menggunakan metode Ziegler Nichols untuk sudut baringan, berdasarkan hasil percobaan didapat K_p kritis (K_u) untuk sistem adalah: 98 (Gambar 10 (a)). Dan diperoleh T_u (merupakan perioda dari satu puncak ke puncak yang lain) sebesar 4,04 (Gambar 10 (b)).



(a) K_u



(b) T_u

Gambar 10. Sistem respon saat K_u dan T_u

Maka di dapat nilai K_P , untuk Kontroler PID:
 $K_p = 3K_u/5$; $T_i = T_u/2$; $T_d = 3T_u/25$
 $= 3(98)/5$; $= 4,04/2$; $= 3(4,04)/25$
 $= 58,8$; $= 2,02$; $= 0,4848$

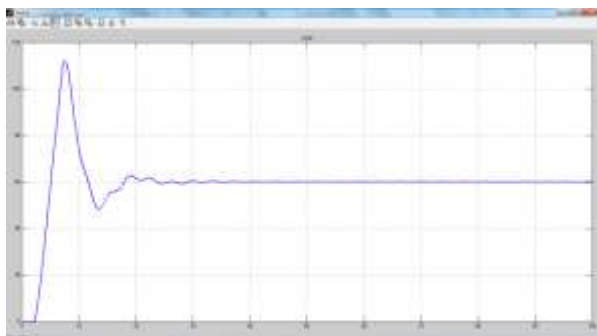
Dan berdasarkan nilai K_p , T_i , dan T_d diperoleh:

$$U(s) = 58,8E(s) + \frac{29,1089}{s} + 28,506s E(s)$$

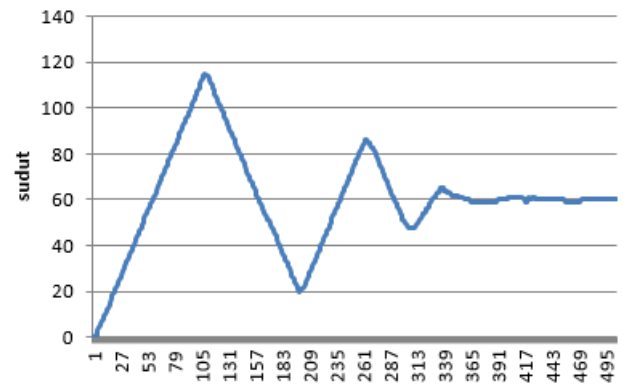
sehingga nilai :

$K_p = 58,8$; $K_i = 29,10$; $K_d = 28,50$

Untuk ujicoba dilakukan simulasi dan aplikasi pada hardware. Gambar 11 (a) menunjukkan simulasi ketika setpoint untuk sudut baringan sebesar 60° , sedangkan Gambar 11 (b) menunjukkan hasil aplikasi pada hardware.



(a). Simulasi sudut baringan 60° .



(b). Aplikasi hardware sudut baringan 60°
Gambar 11. Hasil simulasi dan aplikasi sudut baringan 60° .

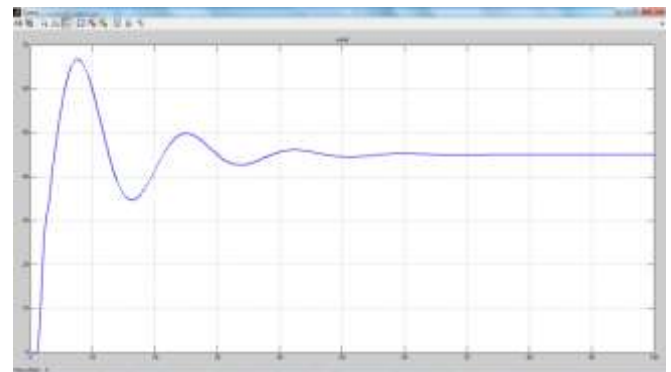
Selanjutnya dengan cara yang sama dengan metode Ziegler Nichols untuk sudut elevasi barrel simulator meriam ARSU 57 mm, diperoleh:

$K_p = 15$, $T_i = 2,02$, $T_d = 0,48$. Selanjutnya dengan memasukkan nilai K_p , T_i , dan T_d pada persamaan sinyal diperoleh:

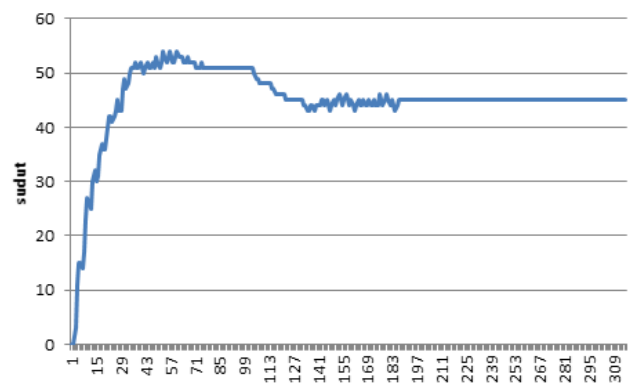
$$U(s) = 15E(s) + \frac{7,425}{s} + 7,272E(s)$$

Maka nilai $K_p = 15$, $K_i = 7,425$, dan $K_d = 7,272$.

Selanjutnya hasil ujicoba simulasi dan aplikasi hardware ditunjukkan pada Gambar 12 dimana sudut setpoint elevasi barrel adalah 45° .



(a). Simulasi sudut elevasi barrel 45°



(b). Aplikasi hardware sudut elevasi barrel 45°

Gambar 12. Hasil simulasi dan aplikasi sudut elevasi barrel 45° .

Berdasarkan hasil simulasi dan aplikasi pada hardware, hasil menunjukkan respon system yang cukup cepat, dan tidak memiliki steady-state error, tetapi masih terjadi overshoot.

Kesimpulan

Simulator meriam ARSU 57 mm didesain untuk memodelkan meriam ARSU yang memiliki kontrol PID agar dapat akurat dan presisi dalam mencapai target. Berdasarkan hasil simulasi dan eksperimen didapat kesimpulan dengan menggunakan kontrol PID bahwa peranan tuning gain K_p , K_i , dan K_d sangat penting dimana pada penelitian ini telah digunakan metode Ziegler Nichols untuk membantu mendapatkan nilai kontanta tersebut yang memberikan sistem kontrol PID akurat. Adapun hasilnya adalah respon sistem cepat dan tidak adanya steady-state eror, sedangkan overshoot masih terjadi walaupun dalam range yang aman. Pengembangan selanjutnya akan dilakukan aplikasi metode kontrol fuzzy logic.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih atas kepada DIKTI atas penugasan penelitian MP3EI dengan nomor 253/SP2H/PL/DIT.LITABMAS/VII/2013 yang telah mendukung penuh pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- Anne K., Sebuah Pemikiran Tentang Pembangunan Industri Pertahanan Dalam Kemandirian Pertahanan Negara, *Buletin Balitbang No 14*, Departeman Pertahanan Republik Indonesia, Jakarta (2005).
- Gautam K., Pradeep Y.T., Vincent M. and Mayuresh V.K., A Study of a Gun-Turret Assembly in an Armored Tank using Model Predictive Control, American Control Conference, USA (2009).
- Marcio D.S.G., Armando M.F., Gun-Turret Modelling and Control, 18th International Congress of Mechanical Engineering, Vol. 2, pp. 60-67, Rio de Janeiro, Brazil (2006).
- Munadi, Perancangan Sistem Kendali *Turret*, Master Tesis, Institut Teknologi Bandung (2007).
- Munadi, T. Naniwa, An Adaptive Controller Dominant-Type Hybrid Adaptive and Learning Controller for Trajectory Tracking of

Robot Manipulators, *Advanced Robotics*, Vol. 26, No. 1-2, pp. 45-61 (2012).

Raul O., Jon Z., Jeffrey T.S., and Kevin M.P., Modelling and Fuzzy Control of DC Drive, 14-th European Simulation Multiconference, pp186-190, Poland (2000).