

PENERAPAN *ADVANCED PID TUNING* PADA PLANT YANG *CRITICALLY STABLE: HEIGHT LEVITATION PINGPONG BALL*

M.Iqbal Nugraha¹, Aan Febriansyah², A.F.Khoiri³, D.Pratama⁴
^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Kawasan Industri Air Kantung, Sungailiat – Bangka, 33211
Email: iqbal@polman-babel.ac.id

Abstract

PID controller is the most popular feedback controller in industry. It has been known that PID controller is capable to provide a good control performance despite having a simple algorithm and easy to understand. However, the most common problem of using this control system is that it is difficult to stipulate the most appropriate constants to each controller or tuning. This project implemented advanced PID tuning which involves several tuning methods to acquire best performance on system or plant which is volatile or critically stable such as controlling height levitation pingpong ball. The tuning methods used and compared were Ziegler-Nichols (ZN) and Chien-Hrones-Reswick (CHR). Tuning process and monitoring were performed in real time using Simulink-Arduino. Based on experimental result, CHR method gave better performance compared to ZN method. ZN resulted in overshoot, rise time, settling time, and steady state error of 48%, 0.85s, 3.8s, and ± 2 cm respectively, while CHR method resulted in overshoot, rise time, settling time, and steady state error of 14%, 1.15s, 1.4s, and ± 1 cm respectively.

Keywords: *PID, Tuning, Simulink, ZN, CHR*

Abstrak

Kontroler PID adalah kontroler berumpan balik yang populer di dunia industri. Kontroler PID terbukti dapat memberikan performansi kontrol yang baik meski mempunyai algoritma sederhana dan mudah dipahami. Namun, permasalahan yang paling umum dalam penggunaan sistem kontrol ini adalah dalam penetapan konstanta pada masing-masing kontroler atau tuning. Proyek ini mencoba menerapkan advanced PID tuning yang didalamnya melibatkan beberapa metode tuning untuk mendapatkan performansi terbaik pada suatu sistem atau plant yang bersifat labil atau critically stable seperti pada pengontrolan ketinggian bola pingpong. Metode tuning yang digunakan dan dibandingkan adalah Ziegler-Nichols (ZN) dan Chien-Hrones-Reswick (CHR). Proses tuning dan monitoring dilakukan secara real time menggunakan media Simulink – Arduino. Berdasarkan hasil percobaan diperoleh bahwa metode CHR menghasilkan performansi yang lebih baik dibandingkan dengan metode ZN. Dengan menggunakan ZN dihasilkan secara berurutan overshoot, rise time, settling time dan steady state error sebesar 48%, 0.85s, 3.8s dan ± 2 cm, sedangkan pada CHR dihasilkan secara berurutan overshoot, risetime, settlingtime dan steady state error sebesar 14%, 1.15s, 1.4s, dan ± 1 cm.

Kata kunci: *PID, Tuning, Simulink, ZN, CHR*

1. PENDAHULUAN

PID merupakan salah satu jenis kontroler yang sering digunakan dalam dunia elektronika. Tak dapat dipungkiri, sampai saat ini kontrol PID (Proporsional Integral Derivative) merupakan satu-satunya strategi yang paling banyak diadopsi pada pengontrolan proses industri. Berdasarkan survey, 97% industri yang bergerak dalam bidang proses (seperti industri kimia, *pulp*, makanan, minyak dan gas) menggunakan PID sebagai komponen utama dalam pengontrolannya.

Kepopuleran PID sebagai komponen kontrol proses dilatarbelakangi terutama oleh kesederhanaan struktur, serta kemudahan dalam melakukan *tuning* parameter kontrolnya [1]. Namun terkadang masih terjadi kesulitan dan kesalahan yang terjadi dalam proses *tuning* pada saat penerapannya. Disamping itu, tidak semua semua *plant* yang ada di industry itu bersifat stabil dan dapat dimodelkan secara matematika, sehingga untuk *plant* yang memiliki karakteristik unik maka cara *tuning*-

nya pun unik. Untuk *plant* yang memiliki karakteristik unik metode *tuning* simple seperti *trial and error* tidak cocok digunakan sehingga dibutuhkan metode khusus. Proyek ini akan mencoba menerapkan metode *tuning* Ziegler-Nichols dan metode *tuning* Chien-Hrones-Reswick dengan alat peraga berupa sebuah *height levitation pingpong ball* sebagai *plant* dengan karakterisasi unik.

2. METODE PENELITIAN

Tuning bertujuan untuk mendapatkan kinerja sistem sesuai spesifikasi perancangan [3]. Pengujian alat akan menggunakan metode *tuning* PID yang populer digunakan sebagai berikut:

1. Metode Ziegler-Nichols
2. Metode Chien-Hrones-Reswick (C-H-R)

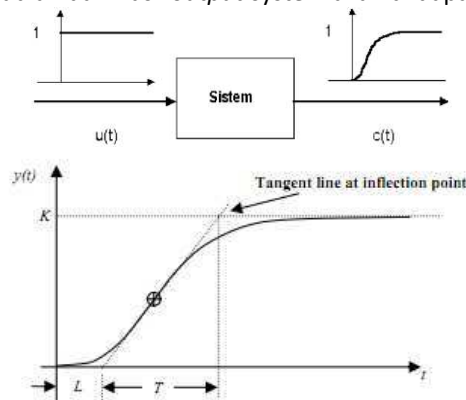
Pemilihan metode di atas didasari oleh *plant* yang digunakan bersifat *critically stable*.

2.1 Metode Ziegler-Nichols

Metode Ziegler-Nichols (ZN) merupakan metode yang umum digunakan dalam *tuning* PID kontrol [4]. Meski metode ini dipublikasikan pada tahun 1940 namun masih digunakan secara luas. Metode *step response* berdasarkan pada *step response* pada rangkaian *open loop* suatu *plant* [5]. Terdapat 2 cara penentuan nilai PID menggunakan metode Ziegler-Nichols antara lain:

-Metode *Step Response*

Metode ini merupakan metode yang digunakan pada sistem yang *open loop*. Sistem akan di *trigger* menggunakan sinyal *step* kemudian dari hasil *output* system akan di dapatkan nilai K , L , T dan $a = K (L/T)$.



Gambar 4. Permodelan Sistem dan *Output* Dengan Metode *Step Response* Ziegler-Nichols

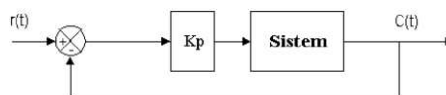
Dimana K adalah nilai *output* tertinggi sistem, L adalah *dead time*, dan T adalah waktu tunda system hingga mencapai 63% kesetabilan. Setelah didapatkan nilai K , L , T , dan a maka barulah dapat ditentukan nilai PID menggunakan tabel 1.

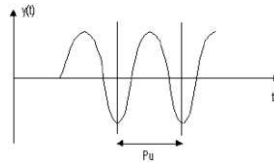
Tabel 1 PID dengan metode *Step response*

Tipe pengontrol	K_p	T_i	T_d
P	T/L	\sim	0
PI	$0.9 T/L$	$L/0.3$	0
PID	$1.2 T/L$	$2L$	$0.5L$

-Metode Osilasi

Metode ini digunakan pada sistem yang *close loop*. Hal pertama yang dilakukan adalah mengubah nilai I dan D pada sistem menjadi 0, kemudian nilai K_p akan di-*setting* hingga sistem berosilasi terus menerus.





Gambar 6. Permodelan Sistem dan Output Dengan Metode Osilasi ZN

Dari kurva *output* sistem akan didapatkan nilai K_p yang merupakan *ultimate gain* (K_u), P_u yang merupakan *Ultimate Period*. Kedua nilai yang diperoleh akan digunakan untuk menentukan nilai PID sesuai tabel 2.

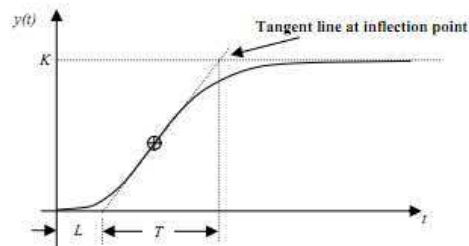
Tabel 2 PID dengan metode Osilasi

Tipe pengontrol	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_u$		
PI	$0.45 K_u$	$\frac{1}{2} P_u$	
PID	$0.6 K_u$	$0.5 P_u$	$0.125 P_u$
PID with no overshoot	$0.2 K_u$	$P_u/2$	$P_u/3$

2.2 Metode Chien-Hrones-Reswick (C-H-R)

Metode C-H-R merupakan modifikasi dari metode Ziegler Nichols[6], metode ini diciptakan oleh Chien-Hrones-Reswick pada tahun 1952 yang mana menghasilkan kompensator yang lebih baik untuk aplikasi proses kontrol.

Metode C-H-R memanfaatkan Metode *Open Loop* ZN yang menggunakan *step response* untuk menentukan nilai K , L , T dan $a = K (L/T)$



Gambar 6. Hasil Metode Step Response

Nilai yang di dapatkan kemudian dapat di hitung menjadi nilai P, I, D uuntuk kontroler dengan tabel 3.

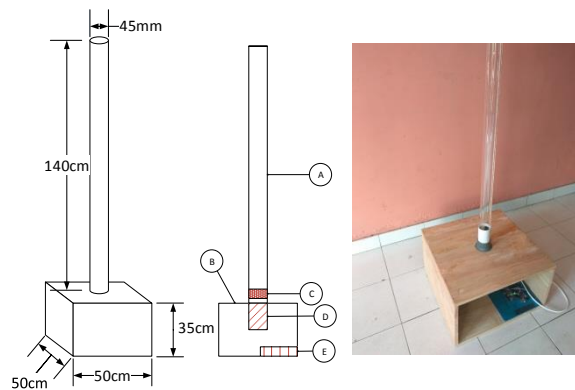
Tabel 3 Tabel metode C-H-R

Tipe	0%		20%	
	Disruption	Guide	Disruption	Guide
K_p	$0.95/a$	$0.6/a$	$1.2/a$	$0.95/a$
T_i	$2.4L$	T	$2L$	$1.35T$
T_d	$0.42.L$	$0.5L$	$0.42L$	$0.47L$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rancangan Alat Peraga

Alat peraga berupa tabung transparan dimana pada bagian bawah tabung dipasang sebuah *blower* untuk meniup bola pingpong dalam tabung hingga berada pada posisi stabil yang diinginkan. Gambar 7 merupakan gambar rancangan alat peraga yang dibuat.

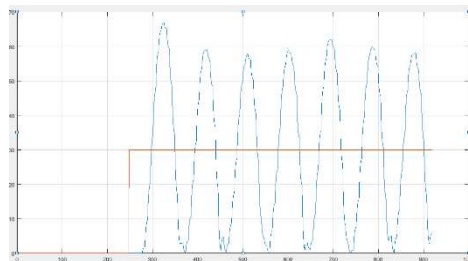


Gambar 7. Rancangan Alat, (A) Tabung Transparan, (B) Box Kayu, (C) Sensor Ultrasonic, (D) Blower, (E) Box Rangkaian Kontrol

3.2 Pengujian dan Analisa

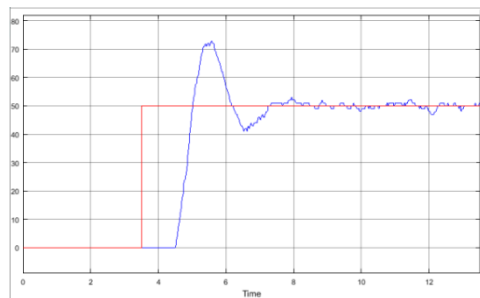
3.2.1 Hasil Uji Coba Metode Ziegler-Nichols

Untuk penentuan nilai awal akan digunakan metode osilasi dari ZN untuk mendapatkan nilai K_u dan P_u . Dari sistem yang dijalankan menggunakan metode osilasi Ziegler-Nichols didapatkanlah grafik seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hasil Metode Osilasi

Dari grafik pada gambar 8 didapatkan nilai $K_u = 2.7$ dan $P_u = 0.445$. Setelah nilai K_u dan P_u diproses sesuai rumus pada tabel 2, maka didapatkan nilai $K_p = 0.54$, $K_i = 2.426966292134831$, $K_d = 0.0801$. Ketika kontroler di-setting menggunakan nilai PID tersebut maka akan menghasilkan grafik pada gambar 9.

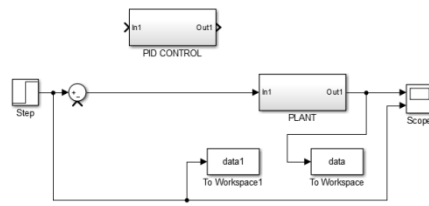


Gambar 9. Grafik Hasil Metode Ziegler-Nichols

Dari grafik pada gambar 9 didapatkan nilai $overshoot = 48\%$, $rise\ time = 0.85s$, $settling\ time = 3.8s$, $steady\ state\ error = \pm 2cm$, $output$ yang dihasilkan menggunakan metode ZN sudah cukup bagus dimana sistem memiliki $rise\ time = 0.85s$ dan mencapai kestabilan dalam waktu $3.8s$ dan $steady\ state\ error \pm 2cm$, namun $overshoot$ yang dihasilkan masih cukup besar yakni 48% .

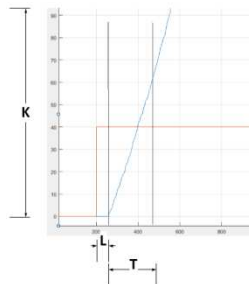
3.2.2 Hasil Uji Coba Metode C-H-R

Untuk penentuan nilai awal digunakan metode *step response* dari ZN untuk mendapatkan nilai K , L , T , dan a . Pertama, program sistem kontrol yang dibuat akan diubah menjadi *open loop* seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Program Sistem Kontrol *Open Loop*

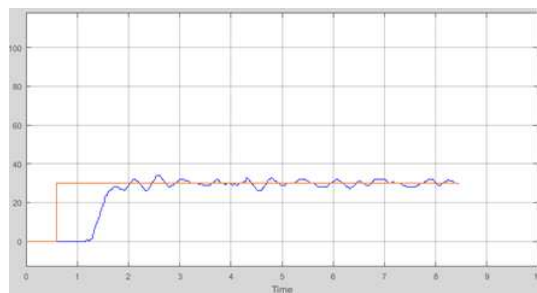
Setelah itu sistem akan dijalankan dengan *set point* 40 untuk mendapatkan grafik FOTD seperti pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik FOTD metode *step response*

Dari grafik FOTD pada gambar 11 didapatkan nilai $K = 0.92$, $L = 0.3$, $T = 1.05$, dan $a = 0.2628571428571429$, nilai yang didapat, diproses dengan rumus pada tabel 3 maka didapatkan nilai $K_p = 3.614130434782608$, $K_i = 1.47$, $K_d = 0.141$.

Ketika kontroler di-*setting* menggunakan nilai PID tersebut maka akan menghasilkan grafik pada gambar 12.



Gambar12. Grafik Hasil Metode C-H-R

Dari grafik pada gambar 12 didapatkan nilai *overshoot* = 14%, *rise time* 1.15s, *settling time*= 1.4s, *steady state error* = $\pm 1\text{cm}$, *output* yang dihasilkan menggunakan metode C-H-R lebih bagus dibandingkan dengan metode ZN meskipun memiliki *rise time* yang lebih lama dibandingkan dengan metode ZN namu metode C-H-R lebih cepat mencapai kestabilan dan juga memiliki *steady state error* yang lebih kecil yakni $\pm 1\text{cm}$.

Tabel 4 Perbandingan *output* hasil *tuning*

Output	Metode Tuning	
	ZN	CHR
Overshoot	48%	14%
Risetime	0.85s	1.15s
SettlingTime	3.8s	1.4s
Steady state Error	$\pm 2\text{cm}$	$\pm 1\text{cm}$

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa untuk system control PID yang digunakan pada alat peraga *height levitation pingpong ball*, metode *tuning* ZN dan C-H-R dapat diimplementasikan pada sistem. Metode *tuning* ZN menghasilkan *output* dengan *overshoot* 48%, *rise time* 0.85s, *settling time* 3.8s dan *steady state error* $\pm 2\text{cm}$, sedangkan metode *tuning* CHR menghasilkan *output* dengan *overshoot* 14%, *rise time* 1.15s, *settling time* 1.4s dan *steady state error* $\pm 1\text{cm}$. Dari hasil tersebut, meskipun memiliki *rise time* yang lebih lama namun metode *tuning* CHR lebih unggul digunakan pada alat peraga *height levitation pingpong ball* dibandingkan dengan metode *tuning* ZN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Setiawan, Iwan. 2008. *Kontrol PID Untuk Proses Industri*. Penerbit Andi.
- [2]. Xue, Jun-jie. Wang, Ying. Li, Hao. Meng, Xiang-fei. And Xiao, Ji-yang. *Advanced Fireworks Algorithm and Its Application Research in PID Parameters Tuning*. 2016.
- [3]. Ogata, katsuhiko. *Teknik Kontrol Automatik*; 1991.
- [4]. J. Nagrath, M. Gopal. *Control System Engineering, New Age International Publications, 3rd Edition*; 2002
- [5]. Ogata, katsuhiko. *Modern Control Engineering*.
- [6]. Neil Kuyvenhove. *PID Tuning Methods An Automatic PID Tuning Study with MathCad*, Calvin College ENGR; 2002.
- [7]. Chen, H. C., & Huang, H. H. 2013. *Design of buck-type current source inverter fed brushless DC motor drive and its application to position sensorless control with square-wave current*. IET Electric Power Applications, 7(5), 416-426.
- [8]. Dorf. R. C, Bishop R. H. 2008. *Modern Control System Eleventh Edition*. Pearson International Edition: Prentice Hall.