

PENGENDALIAN SIMULATOR ORDE DUA DENGAN METODE AUTO TUNING PID BERBASIS KONTROLER TK4S-B4CR

Luthfi Aditya Suyitno¹, Dedi Aming², Sarjono Wahyu Jadmiko³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : luthfi.aditya.toi17@polban.ac.id

²E-mail : deam2k@yahoo.com,

³E-mail : sarjono_wahyu@polban.ac.id

ABSTRAK

Terdapat beberapa metode dalam mengendalikan simulator orde dua salah satunya adalah PID. Untuk mendapatkan nilai parameter dari PID dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti *trial and error*, Ziegler-Nichols I, dan *auto tuning*. Penalaan dengan metode Ziegler-Nichols I menitikberatkan kemampuan manusia untuk melakukan analisa respon plant, sementara metode *auto tuning* menitikberatkan kemampuan kontroler untuk memahami plant yang sedang dikendalikan. Penggunaan simulator orde dua sebagai plant yang dikendalikan mencerminkan keadaan plant secara nyata. Dimana respon simulator orde dua mengikuti karakteristik dari kontroler yang digunakan. Saat simulator orde dua menerima gangguan sebesar 30% kontroler TK4S-B4CR mampu mengendalikan plant dengan metode *auto tuning* PID dengan nilai *error steady state* dapat ditekan hingga 0% dan nilai *overshoot* sebesar 6.8%.

Kata Kunci

Auto Tuning, Orde Dua, PID, Simulator, TK4S-B4CR.

1. PENDAHULUAN

Sistem kendali adalah kumpulan komponen yang digunakan untuk bekerja bersama-sama untuk melakukan tujuan tertentu dalam sebuah proses [1]. Sistem kendali PID terdiri dari 3 jenis Controller, yaitu *Proportional Controller*, *Derivative Controller*, dan *Integral Controller*. Dalam implementasinya masing-masing pengendali dapat bekerja sendiri maupun gabungan untuk mendapatkan respon pengendali yang bagus dan handal [2]. Untuk menentukan parameter dari sistem kendali ini dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti *trial and error*, menggunakan metode Zeigler Nichols I, atau menggunakan metode *auto tuning* dari kontroler.

Pada penelitian sebelumnya Sukele memanfaatkan metode *auto tuning* untuk mengendalikan *heat exchanger*, sementara Tito mengendalikan kontrol suhu pada sistem destilasi dan dapat menekan nilai e_{ss} menjadi 0% dan *overshoot* menjadi 4,61% [3], [4]. Selain menggunakan aktuator atau *plant* dalam bentuk hardware dilakukan juga penelitian menggunakan software MATLAB sebagai plant seperti yang dilakukan oleh Daniun [5]. Selain berfungsi sebagai plant MATLAB dapat digunakan sebagai kontroler untuk mengendalikan plant dengan respon yang lambat. Hal tersebut dilakukan Atiyah dengan hasil pengendalian nilai e_{ss} sebesar 4.1% dan *settling time* 140 detik [6].

Tetapi terdapat beberapa kasus dimana metode *auto tuning* tidak dapat melakukan pengendalian dengan baik, seperti yang telah dilakukan Zhao pada plant dengan karakteristik nonlinier dan respon cepat [7].

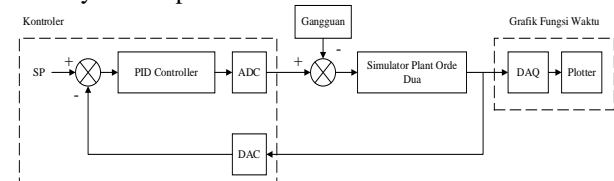
Hazza juga mencoba metode *auto tuning* pada plant dengan karakteristik yang tidak stabil, didapatkan hasil pengendalian *manual tuning* PID lebih baik dari *auto tuning* PID [8].

Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kontroler TK4S-B4CR dalam melakukan pengendalian simulator orde dua dengan metode *auto tuning* PID. Penggunaan simulator orde dua sebagai plant yang dikendalikan mencerminkan keadaan plant secara nyata. Dimana respon simulator orde dua mengikuti karakteristik dari kontroler yang digunakan. Diharapkan hasil dari pengendalian ini memiliki nilai *error steady state* (e_{ss}) dan *overshoot* kurang dari 10%.

2. METODE

2.1 Prinsip Kerja Alat

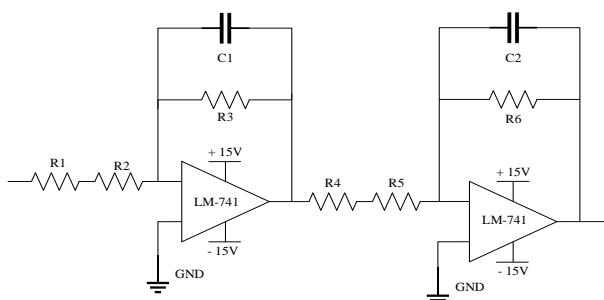
Gambar 1 menunjukkan proses kerja dari sistem ini, diawali dari memasukkan nilai *set point* pada kontroler *TK-series*. Kemudian pilih *preset/mode auto tuning* sehingga kontroler dapat menentukan nilai PID untuk *plant* simulator orde dua. *Plant* simulator orde dua dapat memberikan simulasi gangguan atau *disturbance*. Prinsip kerja dari gangguan adalah memberi tegangan minus pada summator. Sinyal keluaran dari simulator orde dua diteruskan ke DAQ untuk dibaca pada *Plotter* dan sinyal tersebut diumpun balik ke kontroler untuk dibandingkan nilainya sehingga dapat diketahui ada atau tidaknya *error* pada simulator orde dua.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Yang Akan Dibuat

2.2 Perancangan Simulator Plant Orde Dua

Simulator plant orde dua yang digunakan pada penelitian ini berupa perangkat keras yang terdiri dari beberapa komponen elektronika. Pada simulator plant orde dua terdapat fitur gangguan. Fungsi dari fitur ini untuk mengganggu kestabilan plant orde dua dengan menurunkan tegangan input simulator orde dua. Rangkaian dasar dari plant orde dua merupakan dua buah rangkaian plant orde satu yang disusun secara seri seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Simulator Plant Orde Dua

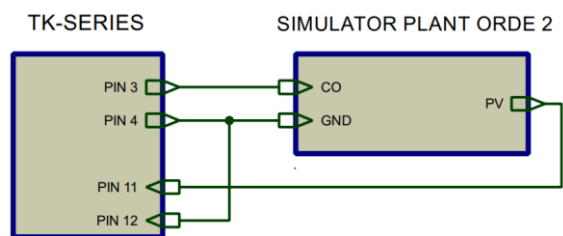
Simulator ini ditenagai dengan sumber arus searah dengan tegangan + 15V dan - 15V, kedua sumber tersebut digunakan untuk mengoperasikan dua buah op-amp. Untuk nilai dari masing masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Komponen Simulator Plant Orde Dua

Komponen	Nilai	Komponen	Nilai
R1	10 K Ω	R5	10 K Ω
R2	10 K Ω	R6	10 K Ω
R3	10 K Ω	C1	100 μ F / 50V
R4	10 K Ω	C2	100 μ F / 50V

2.3 Integrasi Kontroler TK-Series dengan Simulator Plant Orde Dua

Untuk menghubungkan kontroler TK-Series dengan simulator orde dua menggunakan pin 3 dan 4 sebagai output sinyal pengendali. Pin 11 dan 12 digunakan sebagai umpan balik dari keluaran plant. Gambar 3 menunjukkan bagaimana wiring dari kontroler TK-Series hingga simulator plant orde dua.

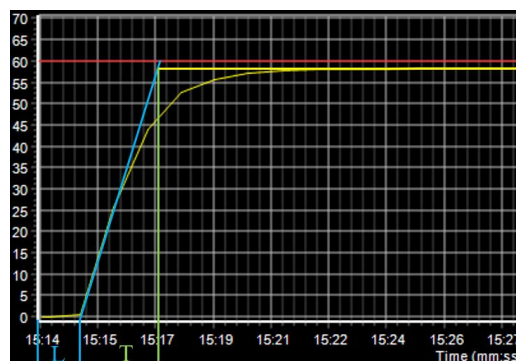


Gambar 3. Rangkaian Integrasi Keseluruhan Sistem

2.4 Perancangan PID Pada Kontroler TK-Series

Pada penelitian ini PID menggunakan dua metode penalaan yaitu metode *manual tuning* atau *trial and error* dan metode Ziegler-Nichols I. Metode Ziegler-Nichols I memerlukan respon *open loop* dari plant yang akan ditentukan parameternya. Terdapat tiga konstanta

pada respon *open loop* yaitu *dead time* dengan lambang huruf L, *delay time* dengan lambang huruf T, dan Ks didapatkan dari pembagian nilai referensi dengan nilai keluaran. Dari Gambar 4 didapatkan nilai L=1,4 T=2,5 dan Ks=1,02.



Gambar 4. Respon Open Loop

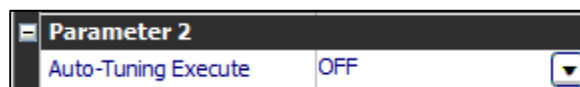
Tabel 2. Rumus Ziegler-Nichols I

Alat kendali	Kp	Ti	Td
P	$\frac{T}{(L * Ks)}$	∞	0
PI	$\frac{0.95 T}{(L * Ks)}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$\frac{1.2 T}{(L * Ks)}$	2 L	0.5 L

Berdasarkan Tabel 2 didapat nilai parameter PID sebesar Kp=2,1 Ti=2,8 Td=0,7.

2.5 Perancangan Auto tuning PID Pada Kontroler TK-Series

Fitur *auto tuning* pada kontroler TK-Series hanya dapat digunakan saat mode *Auto* dan keadaan kontroler sedang berjalan. Tidak jauh berbeda dengan memasukan nilai PID untuk mengakses fitur *auto tuning* dapat dilakukan melalui aplikasi DAQMaster pada bagian Parameter 2 seperti Gambar 5.

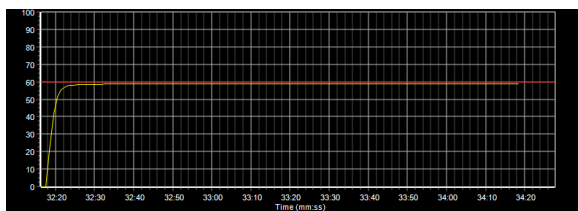


Gambar 5. Jendela Parameter 2

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Simulator Plant Orde Dua

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan masukan atau *set point* sebesar 60% atau 3 volt dari sumber DC. Kemudian sinyal keluaran diumpan balikkan agar bisa dilakukan *plotting*. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada simulator plant orde dua nilai keluarannya sebesar 58.8% sehingga nilai e_{ss} menjadi 2%.

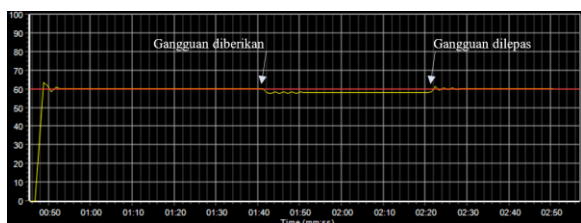


Gambar 6. Respon Simulator Plant Orde Dua

3.2 Pengujian Kendali PID Pada Simulator Plant Orde Dua

3.2.1 Pengujian Kendali P Pada Simulator Plant Orde Dua

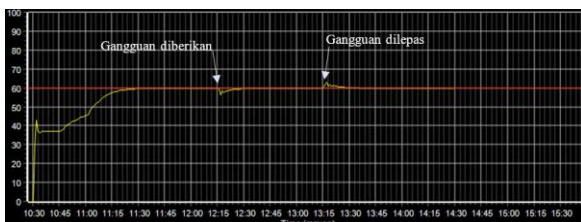
Pengujian ini *plant* diberikan $K_p=18$ nilai keluaran menjadi 60.2% dengan e_{ss} sebesar 0.33% dan *overshoot* sebesar 5,8%. Saat diberikan gangguan sebesar 30% terjadi osilasi selama 10 detik. Kemudian *plant* stabil dinilai 58.1% dengan e_{ss} sebesar 3.2% sampai gangguan dilepaskan. Pada Gambar 7 dapat dilihat saat gangguan dilepaskan terjadi *overshoot* sebesar 2.6% dan *plant* stabil kembali dinilai 60.2%.



Gambar 7. Respon Plant Dengan $K_p=18$

3.2.2 Pengujian Kendali PI Pada Simulator Plant Orde Dua

Gambar 8 menunjukkan respon *plant* ketika diberikan nilai K_p sebesar 30 dan T_i selama 5 detik, *plant* berhasil mencapai nilai *set point* setelah 74 detik. Saat diberikan gangguan sebesar 30% respon dari *plant* hanya berupa *undershoot* sebesar 6% dan perlahan mendekati setpoint setelah 26 detik tanpa terjadi osilasi terus-menerus. Saat gangguan dilepaskan terjadi *overshoot* sebesar 5.5% dan *plant* dapat kembali mencapai nilai *set point* setelah 20 detik serta nilai e_{ss} menjadi 0%.

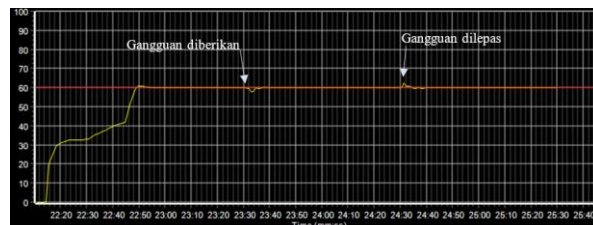


Gambar 8. Respon Plant Dengan $K_p=30$ $T_i=5$

3.2.3 Pengujian Kendali PID Pada Simulator Plant Orde Dua

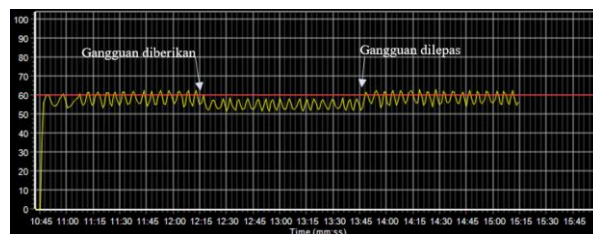
Untuk mendapatkan nilai parameter PID dilakukan dengan dua cara yaitu dengan metode Ziegler-Nichols I dan *trial and error*. Hasil metode *manual tuning* dapat dilihat pada Gambar 9. Untuk mencapai nilai *set point* diperlukan waktu selama 46 detik dengan *overshoot* sebesar 1.8%. Saat diberikan gangguan sebesar 30%

respon dari *plant* berupa *undershoot* sebesar 3.5%. Kemudian kembali mencapai nilai *set point* setelah 13 detik. Saat gangguan dilepaskan terjadi *overshoot* sebesar 4.1%. Setelah 14 detik keluaran *plant* sudah sesuai dengan *set point* yang diatur dan nilai e_{ss} menjadi 0%.



Gambar 9. Respon Plant Dengan $K_p=40$ $T_i=1$ $T_d=1$

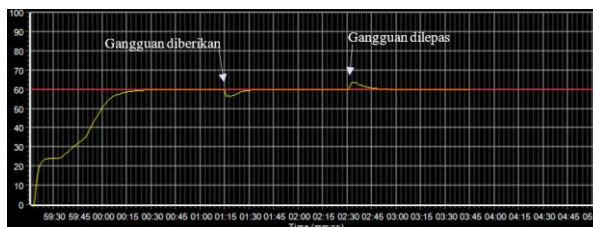
Gambar 10 merupakan respon *plant* dari metode Ziegler-Nichols I. Keluaran *plant* terus berosilasi dengan rentang nilai dari 53.4% hingga 63% dengan e_{ss} sebesar 5% sampai 11%. Sementara ketika diberikan gangguan sebesar 30% nilai keluaran *plant* berada dalam rentang 51.8% hingga 59.9% dengan nilai e_{ss} terbesar berada pada 13,6%.



Gambar 10. Respon Metode Ziegler-Nichols I Pada Plant

3.3 Pengujian Auto tuning Pada Simulator Plant Orde Dua

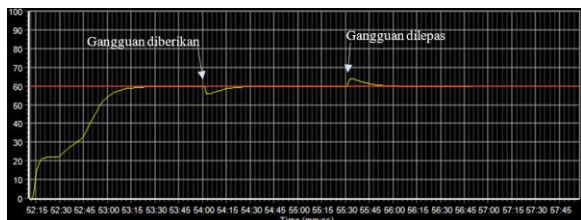
Gambar 11 menunjukkan respon *plant* ketika menggunakan metode *auto tuning*. Pengujian pertama ini menghasilkan parameter K_p sebesar 71, T_i selama 5 detik dan T_d selama 1 detik. Untuk mencapai *set point* diperlukan waktu selama 83 detik tanpa adanya *overshoot*. Saat diberikan gangguan sebesar 30% terjadi *undershoot* sebesar 6.5% dan kembali mencapai *set point* dalam waktu 24 detik. Saat gangguan dilepas terjadi *overshoot* sebesar 6.1% dan mencapai nilai *set point* dalam waktu 25 detik sehingga e_{ss} menjadi 0%.



Gambar 11. Respon Plant Dengan $K_p=71$ $T_i=5$ $T_d=1$

Hasil pengujian kedua dari metode *auto tuning* tidak berbeda jauh dengan pengujian pertama. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 12 yang membedakan adalah nilai K_p yang membesar menjadi 82.4. Selain nilai K_p yang membesar respon *plant* menjadi lebih lambat. Untuk

mencapai nilai set point diperlukan waktu 89 detik. Saat diberikan gangguan sebesar 30% terjadi *undershoot* sebesar 6.8% dan kembali mencapai *set point* dalam waktu 42 detik. Saat gangguan dilepas terjadi *overshoot* sebesar 6.8% dan mencapai nilai *set point* dalam waktu 32 detik sehingga e_{ss} menjadi 0%.



Gambar 12. Respon *Plant* Dengan $K_p=82,4$ $T_i=5$ $T_d=1$

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan hasil dari masing-masing pengujian dapat dirangkum dalam bentuk tabel.

Tabel 3. Rangkuman Hasil Pengujian

No	Kendali	Parameter	ESS
1	P	$K_p=18$	3.2%
2	PI	$K_p=30$ $T_i=5$	0%
3	PID	$K_p=40$ $T_i=5$ $T_d=1$	0%
4	PID (ZN 1)	$K_p=2,1$ $T_i=2,8$ $T_d=0,7$	13.6%
5	PID (Auto tuning 1)	$K_p=71$ $T_i=5$ $T_d=1$	0%
6	PID (Auto tuning 2)	$K_p=82,4$ $T_i=5$ $T_d=1$	0%

Dari Tabel 3 dapat dilihat karakteristik dari masing – masing sistem kendali, untuk sistem kendali P masih terdapat e_{ss} dengan nilai sebesar 3.2%. Sementara untuk kendali PI, PID, dan *auto tuning* sudah bisa mencapai nilai *set point* yang ditetapkan ketika diberi gangguan maupun tidak, tetapi untuk metode Ziegler-Nichols I masih terdapat e_{ss} .

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, dapat disimpulkan bahwa :

1. Kendali PI dan PID menghasilkan keluaran plant yang stabil tanpa ada osilasi terus-menerus, kecuali saat menggunakan metode Ziegler-Nichols I. Perbedaan antara menggunakan kendali PI dengan PID terlihat pada waktu untuk mencapai nilai *set point* dan durasi waktu saat *recovery* dari gangguan.
2. Penggunaan metode *auto tuning* pada simulator orde dua memiliki nilai e_{ss} sebesar 0% dan *overshoot* 6.1%. Respon plant yang stabil menandakan kontroler TK4S-B4CR dapat melakukan perhitungan parameter PID dengan baik saat menggunakan metode *auto tuning*. Manfaat terbesar dari metode ini adalah penghematan waktu yang signifikan. Jika

menggunakan metode *trial & error* banyak waktu yang terbuang sia-sia.

Saran dari penulis untuk pengembangan penelitian ini adalah perlu adanya analisa lebih lanjut mengenai respon PID dari metode penalaan Ziegler-Nichols I. sehingga tidak terjadi osilasi terus menerus dan nilai e_{ss} dapat ditekan mendekati 0%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung, melalui wakil Direktur Akademik atas bantuan pendanaan dengan SK nomor B/402/PL1.R1/EP.00.08/2021 kelompok A1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Ogata, *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1995.
- [2] S. W. Jadmiko, S. Yahya, K. Wijayanto, dan H. Agung, “Aplikasi Kendali Hibrid Fuzzy-PID Kecepatan Motor Induksi Untuk Purwarupa Pembangkit Listrik Pico Hidro Berbasis PLC,” *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, hlm. 8, Nov 2015.
- [3] A. K. Sukede dan J. Arora, “Auto tuning of PID controller,” dalam *2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control (IIC)*, Pune, India, Mei 2015, hlm. 1459–1462. doi: 10.1109/IIC.2015.7150979.
- [4] Tito Rano Pradibto dan Kusworo Adi, “Otomasi Sistem Destilasi Menggunakan Plc Omron Cplh dan Kontrol Suhu dengan Kendali Auto Tuning Pid dalam Penampil Scada,” *Youngster Physics Journal*, vol. 4, no. 4, hlm. 311–316, Okt 2015.
- [5] M. Daniun, M. Awtoniuk, dan R. Sałat, “Implementation of PID autotuning procedure in PLC controller,” *ITM Web Conf.*, vol. 15, hlm. 05009, 2017, doi: 10.1051/itmconf/20171505009.
- [6] B. M. Atiyah, S. H. Yadgar, dan M. G. K. Alabdullah, “Comparison of MATLAB Simulink application with PLC application of real-time classical PID controllers in laboratory,” *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, vol. 7, no. 4, hlm. 12, Des 2019.
- [7] Y. Zhao, Z. Song, T. Ma, dan J. S. Dai, “Design of an Auto-Tuning Feedback Controller Based on the Stiffness of Nonlinear Stiffness Actuators,” dalam *2018 3rd International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM)*, Singapore, Jul 2018, hlm. 165–170. doi: 10.1109/ICARM.2018.8610786.
- [8] H. Hazza, M. Y. Mashor, dan M. C. Mahdi, “Performance of Manual and Auto-Tuning PID Controller for Unstable Plant - Nano Satellite Attitude Control System,” dalam *2018 6th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, Parapat, Indonesia, Agu 2018, hlm. 1–5. doi: 10.1109/CITSM.2018.8674375.