

## METODE PENALAN KONTROLER PID

Rahmad Sulistiyadi<sup>\*1</sup>, Sugiarto<sup>2</sup>, Oni Yuliani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektronika, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Email: [sulistiyadi008@yahoo.com](mailto:sulistiyadi008@yahoo.com)

### Abstrak

Kontroler PID (*proporsional-derivatif-integral*) banyak diimplementasikan di industri pada beberapa dekade karena tanggapan sistemnya yang sangat cepat namun memiliki overshoot yang sangat besar. Selama operasi nilai parameternya akan tetap sehingga menjadi tidak efisien apabila terjadi gangguan atau terjadi perubahan lingkungan sekitar. Kekurangan kontroler ini adalah sistem penalaan yang relatif rumit. Skripsi ini membahas tiga-buah metode penalaan, yaitu metode Ziegler–Nichols, metode Chien–Hrones–Reswick dan metode Cohen–Coon. Objek kendali berupa sistem SISO (*single-input single-output*), baik orde-satu, orde-dua maupun orde-tinggi. Penelitian menggunakan simulator berbasis Matlab dan HPS Technic Simulator PID. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa Metode penalaan Ziegler-Nichols dapat diterapkan pada kontroler PID yang digunakan sebagai pengendali seluruh sistem SISO berbagai orde, dari orde-satu maupun orde tinggi namun tidak untuk metode Chien-Hrones-Reswick dan Cohen-Coon yang hanya cocok diterapkan pada sistem SISO orde-satu. Pada sistem SISO orde-satu, metode penalaan Ziegler-Nichols unggul dalam hal mempersingkat rise-time namun dalam hal overshoot, metode Chien-Hrones-Reswick memiliki keunggulan dengan nilai yang lebih kecil. Kemudian diperoleh kenyataan bahwa semakin tinggi orde sistem SISO semakin tinggi juga nilai time constan sistemnya dan semakin teredam kinerja sistemnya. Dan HPS Technic Simulator PID mampu memperlihatkan kualitas perbaikan kinerja sistem SISO dan belum dapat memperlihatkan segi kuantitasnya (dalam hal ukuran nilai).

**Kata kunci**— Kontroler PID, metode penalaan, metode Ziegler–Nichols, metode Chien-Hrones-Reswick, metode Cohen-Coon

### Abstract

PID (*proportional-derivative-integral*) controllers have been widely implemented in the industry for decades because of their very fast system response but very large overshoots. During operation the parameter value will remain so that it becomes inefficient if there is a disturbance or a change in the surrounding environment. The disadvantage of this controller is a relatively complex tuning system. This thesis discusses three tuning methods, namely the Ziegler – Nichols method, the Chien – Hrones – Reswick method and the Cohen – Coon method. The control object is the SISO system (*single-input single-output*), either first-order, second-order or high-order. The research used a Matlab-based simulator and the HPS Technic Simulator PID. The results show that the Ziegler-Nichols tuning method can be applied to PID controllers which are used as controllers for all SISO systems of various orders, from first-order or high-order, but not for the Chien-Hrones-Reswick and Cohen-Coon methods which are only suitable to be applied to the system. First-order SISO. In the first-order SISO system, the Ziegler-Nichols tuning method excels in terms of shortening the rise-time but in terms of overshoot, the Chien-Hrones-Reswick method has the advantage of being smaller. Then it was found that the higher the order of the SISO system, the higher the system time constant value and the more damp the system performance. And the HPS Technic Simulator PID is able to show the quality of SISO system performance improvements and has not been able to show the quantity (in terms of value measures).

*A maximum 200 words abstract in English in italics with Times New Roman 11 point. Abstract should be clear, descriptive, and should provide a brief overview of the problem studied. Abstract topics include reasons for the selection or the importance of research topics, research methods and a summary of the results. Abstract should end with a comment about the importance of the results or conclusions brief.*

**Keywords**— *Kontroler PID, metode penalaan, metode Ziegler–Nichols, metode Chien–Hrones–Reswick, metode Cohen–Coon*

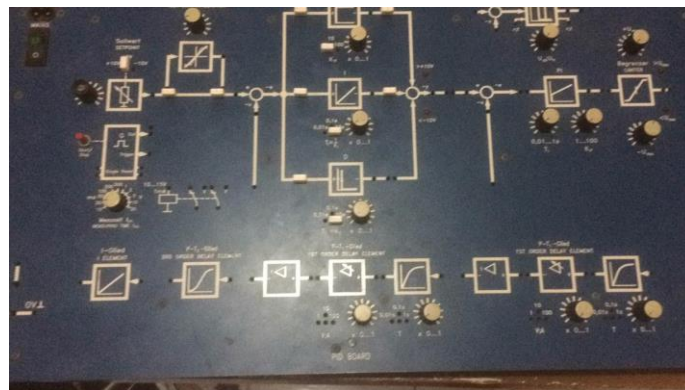
## 1. PENDAHULUAN

Keunggulan kontroler ini adalah kecepatan respon yang dari kondisi transien menuju kondisi mapan, *overshoot* yang kecil pada kondisi transien, *off-set* yang kecil saat kondisi mapan dan struktur yang sederhana. Kelemahan kontroler PID adalah sistem penalaan yang relatif rumit.

### 1.1. Latar Belakang

Pengendali PID (proporsional-derivatif-integral) yang merupakan salah satu kontroler otomatis banyak diimplementasikan di industri pada beberapa dekade karena tanggapan sistemnya yang sangat cepat namun memiliki *overshoot* yang sangat besar (Yanzun dkk., 2010; Sinthipsombon dkk., 2011). Nilai dari parameter PID konvensional akan tetap selama operasi, konsekuensinya kontroler menjadi tidak efisien untuk mengendalikan sistem jika terdapat gangguan yang tidak diketahui atau karena lingkungan sekitar sistem berubah. Akibatnya Sistem Kendali PID tidak cukup adaptif (Wahyunggono dan Saad, 2008) dan juga penentuan parameter PID juga sangat sulit. Banyak cara untuk menentukan parameter PID, salah satu cara yang paling terkenal adalah metode Ziegler-Nichols (Kushwah dan Patra, 2014).

Adapun kontroler yang dikaji adalah kontroler PID dengan berbagai struktur, yaitu struktur ideal dan variasinya, struktur klasik dan variasinya dan struktur *non-interacting* dan variasinya. Perangkat sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah PID Simulator produksi HPS System Technic (Gambar 1).



**Gambar 1.** HPS Technic Simulator PID

### 1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang tepat untuk penelitian skripsi ini adalah “*Metode penalaan empiris (kombinasi metode teoritis dan metode praktis) yang bagaimanakah agar tepat digunakan untuk mengkompensasi sistem SISO orde-satu hingga orde-tinggi?*”.

### 1.3. Keaslian penelitian

**Tabel 1.** *State of the art* beberapa penelitian tentang penalaan PID

No.	Pustaka	Judul Paper	Keterangan
1	Zribi dkk., 2018	<i>A New PID Neural Network Controller Design for Nonlinear Processes</i>	Paper ini membahas tentang metode penalaan kontroler JST PID untuk proses tak-linier dengan tujuan performa pelacakan yang tinggi dan ketegaran. Penalaannya memakai metode <i>improved gradient descent</i>
2	Tan, 2009	<i>Tuning of PID load Frequency Controller for Power Systems</i>	Penelitian ini membahas tentang penalaan PID untuk frekuensi beban sistem tenaga. Penalaan berbasis IMC ( <i>internal model control</i> ) berderajat dua-kebebasan.
3	Zamal, 2016	Implementasi Kendali PID Penalaan Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler	Penelitian ini membahas kendali PID berbasis mikrokontroler yang digunakan pada <i>miniature hopper-conveyor plant</i> dengan fungsi menjaga permukaan material bahan-dasar agar tetap padat.

**Tabel 2.** *State of the art* beberapa penelitian tentang perkiraan beban (Lanjutan)

No.	Pustaka	Judul Paper	Keterangan
4	Waluyo dkk., 2013	Analisis Penalaan Kontrol PID pada Simulasi Kendali Kecepatan Putaran Motor DC Berbeban menggunakan Metode Heuristik	Penelitian ini membahas perancangan kontroler PID dengan perangkat lunak. Hasil dari parameter kendali yang dirancang memiliki error steady state 0,99 % dan dengan settling time 3,7 detik pada rise time 2,00 detik dan nilai peak terletak pada 0,99
5	Setiawan dkk., 2013	Sistem Kendali Ketinggian Quadcopter Menggunakan PID	Penelitian ini adalah tahap awal untuk merancang sistem navigasi otomatis UAV pada quadcopter, yaitu dengan merancang sistem kendali ketinggian UAV quadcopter menggunakan metode PID (Proportional Integral Derivative). Penalaan parameter PID menggunakan metode osilasi ziegler nichols.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah memperoleh metode penalaan yang tepat untuk mengkompensasi sistem SISO dari orde-satu hingga orde-tinggi

### 1.5. Faedah Yang Diharapkan

Pada bidang ilmu pengetahuan penelitian ini memberikan informasi kontroler PID yang diterapkan pada sistem yang direpresentasikan dengan model SISO plus tunda-waktu. Sedangkan pada bidang teknologi penelitian ini menerapkan teknologi perangkat keras berupa modul kit pembelajaran kontroler PID produksi HPS System Technic. Penelitian ini juga memberikan manfaat dalam bidang ekonomi yaitu penambahan kontroler mengakibatkan performa menjadi lebih baik tanpa harus mengubah komponen. Tentunya berakibat pada penurunan biaya desain sistem.

## 2. METODE PENELITIAN

### 1.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada model sistem orde-satu dan orde-dua dengan tunda-waktu dan lokasi peneliti dilakukan di Lab. Teknik Kendali, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

### 1.2. Alat dan Bahan

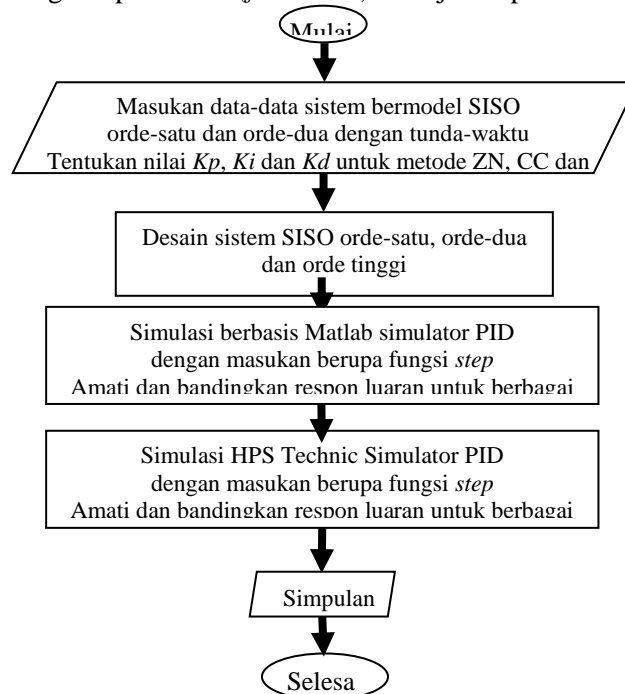
Alat yang digunakan untuk penelitian ini sebagai berikut:

- Laptop Lenovo G40-70, Intel® Core (TM) i3-4030U CPU @ 1.90GHz, RAM 2,00 GB, 64-bit Operating System, Windows 8.
- Perangkat lunak Matlab
- PID Simulator produksi HPS System Technic.

Adapun bahan penelitian berupa data-data tabel parameter kontroler metode Ziegler-Nichols, Chien-Hrones-Reswick dan Cohen-Coon.

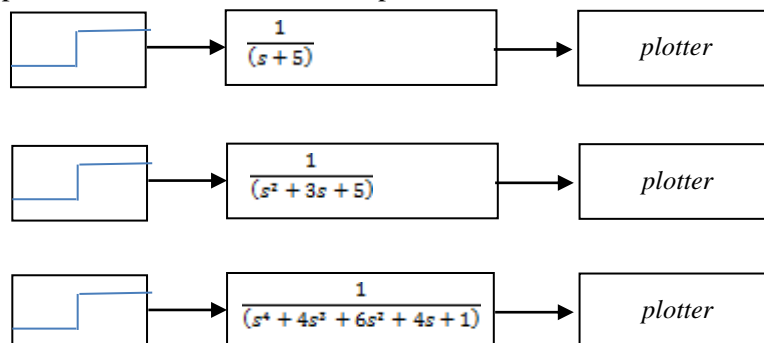
### 3.3. Jalan Penelitian

Adapun alur diagram penelitian (*flowchart*) ditunjukkan pada Gambar 2



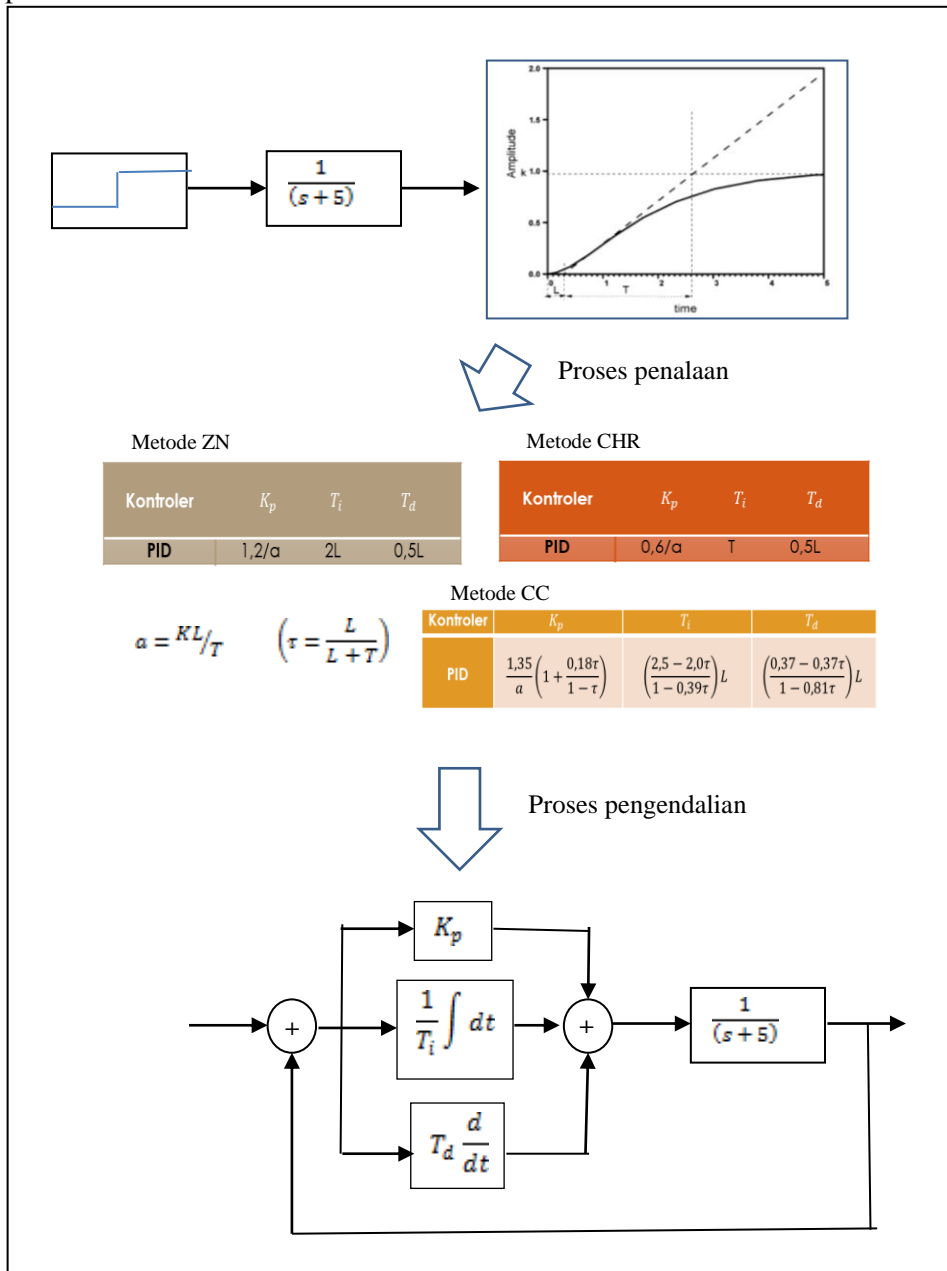
**Gambar 2.** Diagram alir penelitian skripsi

Proses pendisaian sistem SISO terlihat pada Gambar 4



**Gambar 3.** Orde sistem SISO terpilih

Proses simulasi kontroler PID dilakukan dengan dua-tahap, yaitu melakukan proses penalaan parameter PID dan proses pengendalian PID dengan parameter yang telah terpilih tersebut, terlihat pada Gambar 4 .

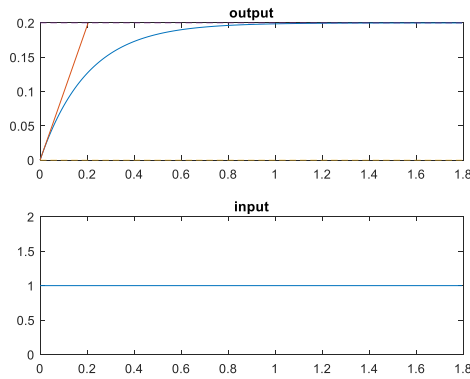


Gambar 4. Proses penalaan dan pengendalian.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

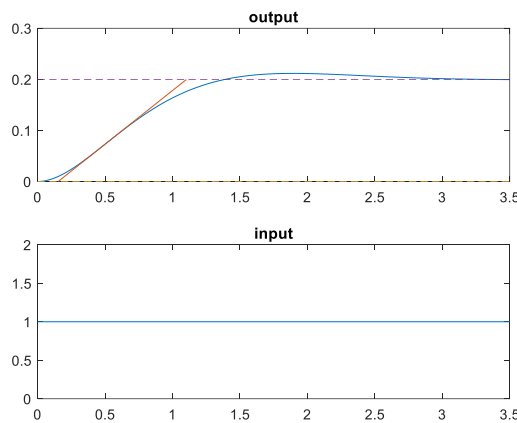
Hasil pengujian yang berupa luaran sistem terkendali PID, baik yang ditala oleh metode Zigler-Nichols, Chien-Hrones-Reswick maupun Cohen-Coon .

#### 4.1. Desain Sistem SISO



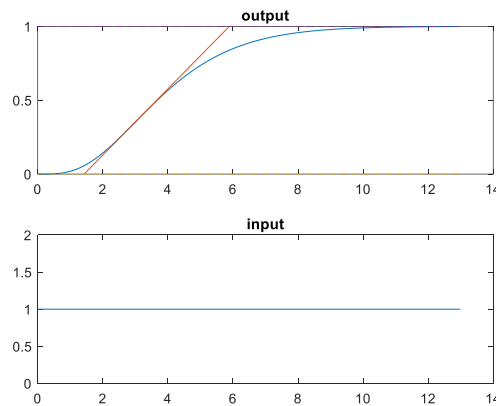
process gain = 0.199975    time constant = 0.204615    time delay= 0

**Gambar 5.** Step Respon sistem orde-satu  $y(s) = \frac{1}{(s+5)}$



process gain = 0.199506    time constant = 0.950037    time delay = 0.151556

**Gambar 6.** Step Respon sistem orde-dua  $y(s) = \frac{1}{(s^2+3s+5)}$

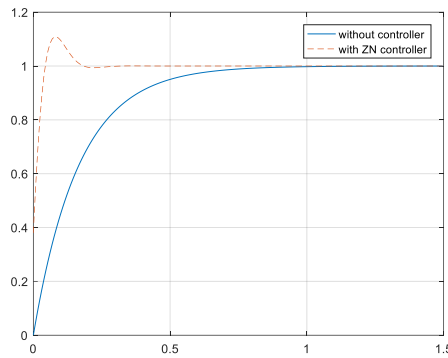


process gain = 0.998941    time constant: 4.45875    time delay: 1.42543

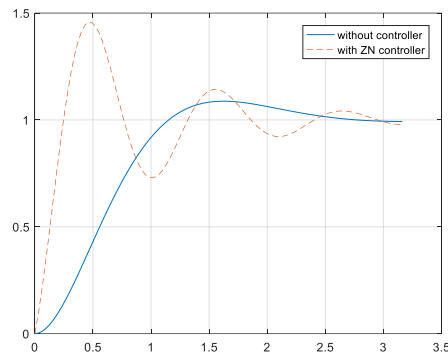
**Gambar 7.** Step Respon sistem orde-tinggi  $y(s) = \frac{1}{(s^4+4s^3+6s^2+4s+1)}$

### 4.2. Kinerja Kontroler PID Ziegler-Nichols

Sistem SISO orde satu, dua dan tiga yaitu  $y(s) = \frac{1}{(s+5)}$ ,  $y(s) = \frac{1}{(s^2+3s+5)}$  dan  $y(s) = \frac{1}{(s^4+4s^3+6s^2+4s+1)}$  dikendalikan menggunakan kontroler PID. Dari Gambar (4.5) terlihat kinerja kontroler PID ZN pada sistem orde-satu yaitu mempersingkat *rise time* dan *steady-state time* namun memiliki *overshoot* yang relatif lebih besar. Gambar 4.6 memperlihatkan kinerja kontroler PID ZN pada orde-dua yaitu mempersingkat *rise time* namun mempunyai nilai *overshoot*

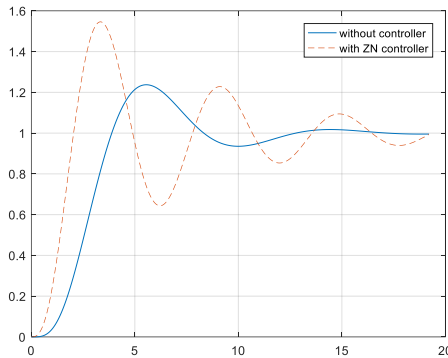


Gambar 8. Kinerja koontroler PID ZN pada sistem  $y(s) = \frac{1}{(s+5)}$



Gambar 9. Kinerja koontroler PID ZN pada sistem  $y(s) = \frac{1}{(s^2+3s+5)}$

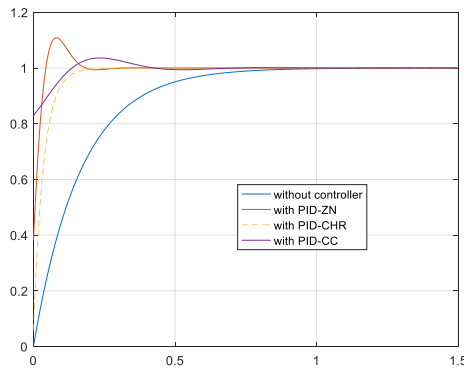
dan *undershoot* yang relatif besar serta tidak mengubah *steady-state time*. Sedangkan kinerja kontroler PID ZN pada orde-tinggi (contohnya orde-empat) terlihat pada Gambar 4.7. Kontroler PID ZN akan bereaksi seperti pada orde-dua.



Gambar 10. Respon sistem orde-tinggi  $y(s) = \frac{1}{(s^4+4s^3+6s^2+4s+1)}$

### 4.3. Perbandingan Kinerja Berbagai Kontroler PID

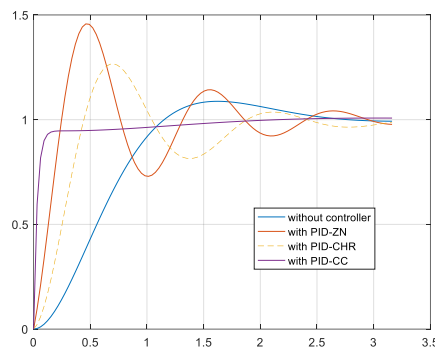
Pada Gambar 4.8 terlihat bahwa ketiga metode penalaan sukses membuat kinerja kontroler PID bekerja pada sistem orde-satu. Metode ZN membuat *rise time* lebih singkat bila dibandingkan metode CHR ataupun metode CC namun dia mempunyai *overshoot* yang paling besar.



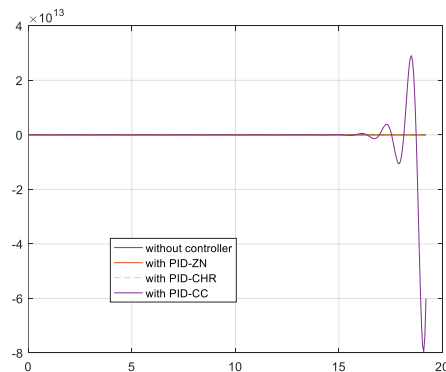
**Gambar 11.** Kinerja berbagai kontroler PID pada sistem orde-satu

Gambar 4.9 memperlihatkan kegagalan metode CC dan keberhasilan metode ZN dan CHR dalam menala parameter PID. Metode CC membuat sistem orde-dua menjadi sistem sangat teredam (*over-damped*); sebaliknya metode ZN dan CHR menjadikan orde-dua menjadi sistem *under-damped* dengan mengakibatkan *rise-time* menjadi lebih singkat.

Gambar 4.10 melukiskan bahwa metode penalaan CHR dan CC gagal membuat kinerja PID berhasil memperbaiki respon sistem orde-tinggi. Sistem yang dikendalikan menjadi sistem terosilasi.



**Gambar 12.** Kinerja berbagai kontroler PID pada sistem orde-dua

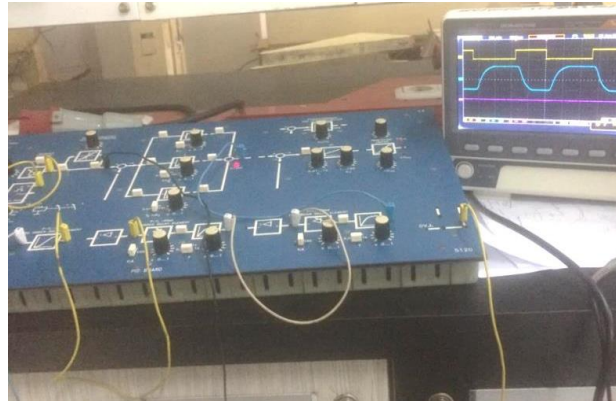


**Gambar 13** Kinerja berbagai kontroler PID pada sistem orde-tinggi

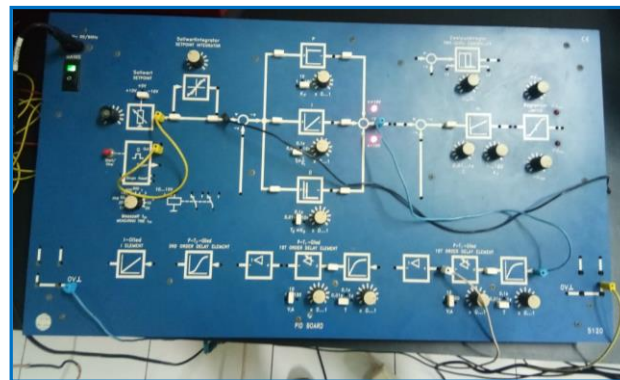


#### 4.4. Simulasi HPS Technic Simulator PID

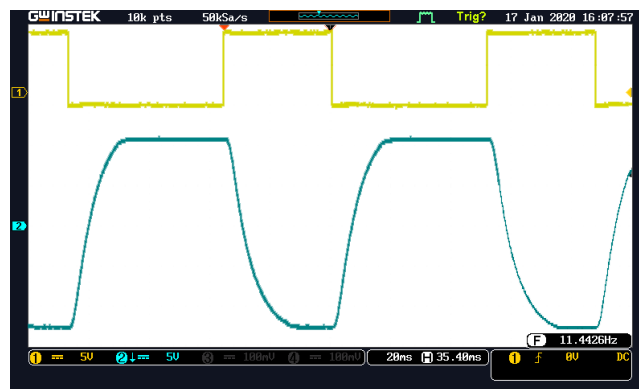
Simulasi kontroler PID pada sistem SISO diaplikasikan menggunakan HPS *Technic Simulator* PID yang bersifat analog dengan kisar pengaturan antara 1-10V, (Gambar 4.11). Hasil simulasi terlihat pada Gambar 4.13, 4.14 dan 4.15.



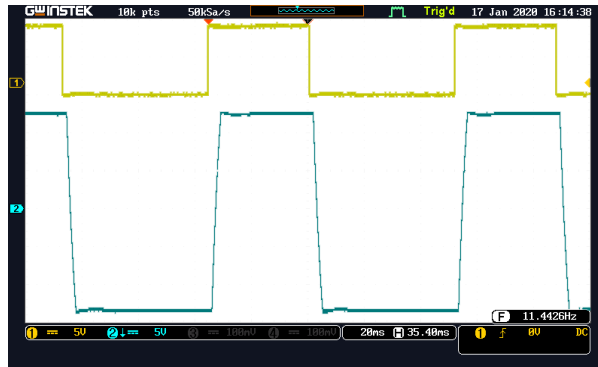
Gambar 14. HPS *Technic Simulator* PID dan penampil berupa osiloskop



Gambar 15. Instalasi perkabelan

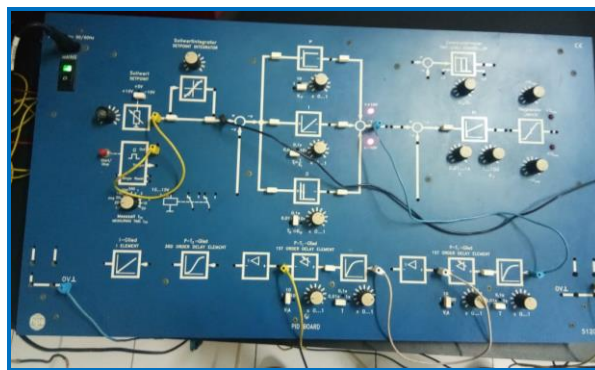


Gambar 16. Kinerja sistem SISO orde-satu tanpa kontroler PID



**Gambar 17.** Kinerja sistem SISO orde-satu dengan kontroler PID

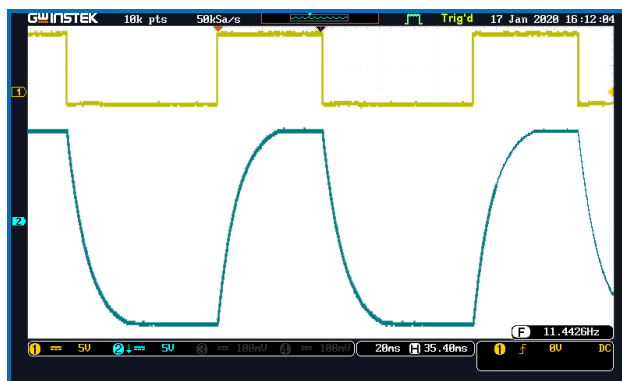
Simulasi sistem orde-satu terkendali kontroler PID



**Gambar 18.** Instalasi perkabelan

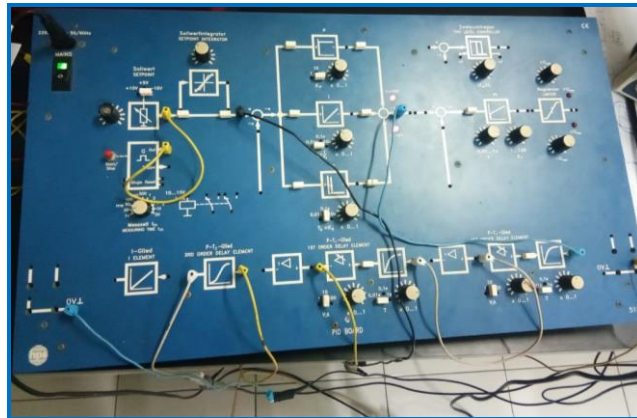


**Gambar 19.** Kinerja sistem SISO orde-dua tanpa kontroler PID



**Gambar 20.** Kinerja sistem SISO orde-dua dengan kontroler PID

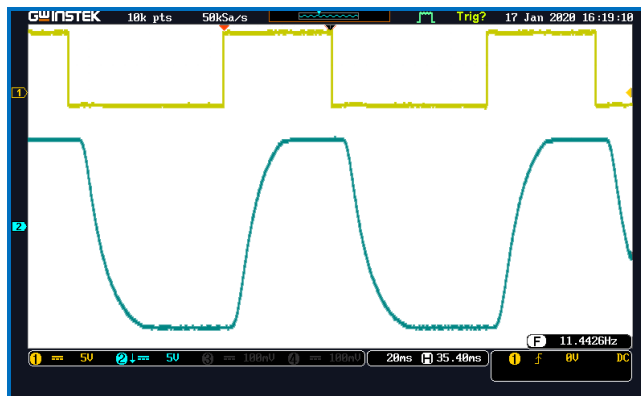
Simulasi sistem orde-dua terkendali kontroler PID



Gambar 21. Instalasi perkabelan



Gambar 22. Kinerja sistem SISO orde-tinggi tanpa kontroler PID



Gambar 23. Kinerja sistem SISO orde-tinggi dengan kontroler PID

Dari Gambar 14 s.d. 23 terlihat bahwa tampilan kinerja sistem kendali hanya memperlihatkan efek *time constan* (tetapan redaman) saja; belum mampu mengukur nilai tetapan redamannya.

#### 4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan dapat ditarik dari pembahasan hasil simulasi.

1. Metode penalaan Ziegler-Nichols dapat diterapkan pada kontroler PID yang digunakan sebagai pengendali seluruh sistem SISO, orde rendah maupun orde tinggi. Untuk metode penalaan Chien-Hrones-Reswick dan Cohen-Coon hanya cocok diterapkan pada sistem SISO orde-satu.
2. Pada sistem SISO orde-satu, metode penalaan Ziegler-Nichols unggul dalam hal mempersingkat *rise-time* namun dalam hal *overshoot*, metode Chien-Hrones-Reswick memiliki keunggulan dengan nilai yang lebih kecil.
3. Semakin tinggi orde sistem SISO semakin tinggi juga nilai *time constant* sistemnya dan semakin teredam kinerja sistemnya.
4. HPS *Technic Simulator* PID mampu memperlihatkan kualitas perbaikan kinerja sistem SISO karena mengaplikasikan kontroler PID namun belum mampu mengukur kuantitasnya dan belum mampu juga mengukur nilai-nilai parameter simple criteria-nya (*rise time, overshoot, steady-state error* ataupun *steady-state time*)

#### 5. SARAN

Penelitian dapat ditingkatkan dengan pengkalibrasian HPS *Technic Simulator* dan melengkapi dengan pengukuran *simple criteria*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Astorn K. J. dan Hagglund T. *PID Controller*, 2<sup>nd</sup> Edition. Instrument Society of America, 67 Alexander Drive P.O. Box 12277, NC.
- Kushwash M. dan Patra A. 2014. PID Controller Tuning using Ziegler-Nichols Method for Speed Control of DC Motor. *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*. Vol. 3, Issue 13, pp: 2924-2929.
- Jamal Z. 2015. Implementasi Kendali PID Penalaan Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler. *Jurnal Informatika*, Vol.15, No.1, Juni.
- O'Dwyer, A. 2006. *Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules*. 2<sup>nd</sup> ed. Imperial College Press. 57 Shelton Street, Covent Garden, London.
- Ogata, K. 2010. *Modern Control Engineering*. 5<sup>th</sup> Edition. Prentice Hall. One Lake Street, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- Setyawan G.E., Setiawan E. dan Kurniawan W. 2015. Sistem Kendali Ketinggian Quadcopter Menggunakan PID. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, Vol. 2, No. 2, pp: 125-131, Desember.
- Sinthipsomboon K., Pongaen W. dan Pratumswan P. 2011. *A Hybrid of Fuzzy and Fuzzy self-tuning PID Controller for Servo Electro-hydraulic System*. 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications. 21-23 June, pp: 220-225.
- Tan W. 2009. Tuning of PID load Frequency Controller for Power Systems. *Energy Conversion and Management* 50, pp: 1465-1472.
- Wahyunggoro O. dan Saad N.B. 2008. *Development of Fuzzy-Logic-Based Self Tuning PI Controller for Servomotor*. IEEE 10th Intl. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision Hanoi, Vietnam, 17-20 December.
- Waluyo, Fitriansyah A. dan Syahrial. 2013. Analisis Penalaan Kontrol PID pada Simulasi Kendali Kecepatan Putaran Motor DC Berbeban menggunakan Metode Heuristik. *Elektronika, Jurnal Teknik Elektro ITENAS*, Vol. 1, No. 2, Juli-Desember.

- Wisnu D., Wahjudi A. dan Nurhadi H. 2016. Perancangan Sistem Kontrol PID Untuk Pengendali Sumbu *Azimuth Turret* Pada *Turret-gun* Kaliber 20mm. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 5, No. 2, pp: A512-A516.
- Yanjun L.Q.F., Jizhong S. dan Ji W. 2010. *The Application of Fuzzy Control in Liquid Level System*. IEEE International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. Changsa City, 12-13 March, pp: 776=779.
- Zribi A., Chtourou M. dan Djemel M. 2018. A New PID Neural Network Controller Design for Nonlinear Processes. *Journal of Circuits, Systems, and Computers*, Vol. 27, No. 4, (11 pages).