

## PENGAPLIKASIAN KENDALI SUHU PELTIER DENGAN MENGUNAKAN KENDALI PID BERBASIS ARDUINO UNO

### APPLICATION OF PELTIER TEMPERATURE CONTROL USING ARDUINO UNO PID CONTROLLER

Farrah Vauzia<sup>1</sup>, Muhammad Nur Fauzi<sup>2</sup>, Feriyonika<sup>3\*</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

\*[feriyonika@gmail.com](mailto:feriyonika@gmail.com)

#### Abstrak

Efek peltier adalah efek termoelektrik yang merupakan kebalikan dari efek Seebeck. Efek peltier menghasilkan perbedaan suhu pada sambungan konduktor ketika arus listrik dialirkan pada suatu rangkaian tertutup. Efek Peltier banyak digunakan untuk berbagai keperluan diantaranya untuk pendingin atau *heatsink* pada peralatan yang memiliki suhu tinggi ketika beroperasi. Akan tetapi, kebanyakan pendingin yang digunakan tidak memiliki pengaturan suhu dan dibiarkan bekerja dengan daya penuh. Untuk mengatasi hal tersebut, direalisasikan sistem pendingin peltier dengan menggunakan kendali PID agar suhu terjaga sesuai dengan yang diinginkan. Sensor DHT22 membaca suhu pada peltier yang outputnya dihubungkan ke *controller* untuk mengolah data tersebut dan mengatur keluaran yang diperlukan untuk peltier. Perancangan PID dilakukan dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols tipe 1. Hasil akhir pengujian memiliki parameter kendali  $K_p = 10$ ,  $T_i = 0,001$ ,  $T_d = 1$  dengan respon *overshoot* 0,9 %, *risetime* 75,139 s dan *error steady state* 0%. Sistem juga dapat mempertahankan suhunya setelah dilakukan uji gangguan berupa tiupan angin.

**Kata kunci:** Arduino Uno, kendali PID, peltier, Ziegler Nichols

#### Abstract

The Peltier effect is a thermoelectric effect that is the opposite phenomenon of the Seebeck effect. The Peltier effect produces a temperature difference at the conductor junctions when an electric current occurs in a closed circuit. The Peltier effect is widely used for various purposes. For instance, cooler application as a heatsink while equipment is working in high temperatures. However, most coolers do not have control systems and are left to work at full power. This paper proposes a Peltier cooling system with a PID controller. This system works by utilizing the Peltier effect and PID control to maintain temperature as desired. DHT22 sensor will read the temperature at the Peltier where the outputs are connected to the controller for data processing and adjust the required output for the peltier. The PID design was carried out using the Ziegler-Nichols type 1 method. The result of the control parameters are as follows  $K_p = 10$ ,  $T_i = 0,001$ , and  $T_d = 1$  with the response of *overshoot* 0,9 %, *rise time* 75,139 s, and *steady-state error* 0 %. This system is also able to maintain the temperature after being given interference.

**Keywords:** Arduino Uno, PID controller, peltier, Ziegler Nichols

#### 1. PENDAHULUAN

Suhu merupakan faktor yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan manusia. Mulai dari pertanian, produsen makanan hingga pengoperasian beberapa alat memperhitungkan suhu sebagai faktor utama. Saat ini, manusia sudah dapat mengendalikan suhu untuk berbagai keperluan. Seperti pemanas pada penggunaan microwave, kompor, dan tungku. Ada pula pendingin pada kulkas dan AC. Sistem pendingin sering digunakan pada proses pengawetan makanan dengan teknik pembekuan serta digunakan sebagai pendingin atau *heatsink* pada suatu peralatan yang memiliki suhu tinggi

ketika beroperasi. Namun, kebanyakan pendingin tidak memiliki pengaturan suhu dan dibiarkan bekerja dengan daya penuh.

Efek peltier merupakan termoelektrik yang prinsip kerjanya merupakan kebalikan dari efek Seebeck dimana panas dapat dihasilkan pada salah satu sambungan konduktor dan diserap pada sambungan konduktor lainnya ketika arus listrik dialirkan pada suatu rangkaian tertutup. [1] Pengaplikasian peltier sudah dilakukan untuk berbagai keperluan, seperti yang dilakukan oleh R. Umboh, et.al [2] yang mengaplikasikan peltier sebagai pendingin portable. Penelitian lain yang menggunakan peltier dilakukan oleh Frima Gandi, dan Meqorry Yusfi [3] yang diaplikasikan untuk pendingin air. Penelitian Eko Yudiyant, et.al [4] mengaplikasikan efek peltier untuk medicine cooler box. Dias Prihatmoko [5] juga mengaplikasikan efek peltier tersebut untuk mendinginkan ruangan.

Peltier memiliki faktor-faktor nonlinier sehingga kendali untuk pendinginan menjadi sulit dilakukan. Kendali *on-off* seperti pada penelitian [2]-[5] memiliki kekurangan yaitu parameternya tidak akurat berada pada *setpoint* yang ditentukan. Beberapa teknik kendali lainnya yang dapat digunakan untuk mengatur suhu peltier diantaranya PID dan *fuzzy logic*. Kendali suhu peltier menggunakan *fuzzy logic* memiliki beberapa kekurangan yaitu *overshoot* yang tinggi dan *settling time* yang lama. [12] Kendali PID banyak digunakan oleh industri terutama untuk pengendalian suhu karena sederhana, efektif, mudah dioperasikan, dan memiliki berbagai metoda penalaan. [6]-[7] Oleh karena itu, pada penelitian ini akan direalisasikan suatu sistem pendingin peltier dengan menggunakan kendali PID.

Penalaan kendali PID dilakukan untuk membuat sistem menjadi stabil, meningkatkan performa pada saat transien seperti *rise-time*, *overshoot*, dan *settling time*, serta meningkatkan performa regulasi pada saat steady-state. [7] Beberapa metoda yang digunakan untuk mengontrol PID diantaranya Ziegler-Nichols, Chien dan Takahashi. Namun dari ketiga metoda tersebut, metoda Ziegler-Nichols memiliki kestabilan yang paling baik.[8] Disamping itu, belum ada metoda penalaan lainnya yang memiliki kemudahan pengoperasian seperti metoda Ziegler-Nichols. [7][9]

Ziegler-Nichols adalah suatu metoda heuristic penalaan kendali PID yang memiliki dua metoda yaitu metoda *step response* dan metoda *ultimate frequency*. [10] Pada penelitian ini sistem yang dirancang menggunakan metode Ziegler-Nichols tipe 1 yaitu *step response*. Metoda ini menampilkan kurva karakteristik yang dicirikan oleh parameter *delay time* (L) dan *time constant* (T). Hasil perancangan akan digunakan sebagai titik awal atau acuan dalam melakukan penalaan (*tuning*) ulang. Pengujian sistem terhadap gangguan dilakukan dengan cara meniupkan angin atau udara ke sistem.

## 2. DASAR TEORI /MATERIAL DAN METODOLOGI/PERANCANGAN

### 2.1 Digitalisasi Kendali PID

Persamaan (1) merupakan persamaan kendali PID secara umum.

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

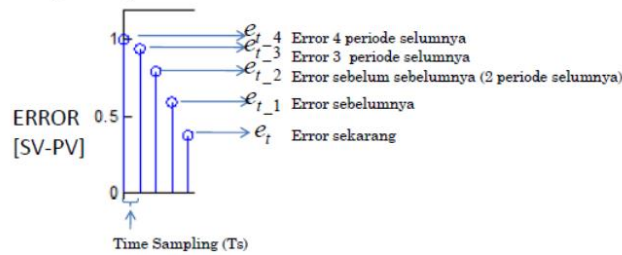
Dari persamaan (1) tersebut kemudian didiskritisasi untuk diimplementasikan pada program Arduino Uno (2).

$$u(t) = K_p e t + \frac{K_p}{T_i} e i n t + K_p T_d e d i f f \quad (2)$$

dimana

- $u(t)$  = Manipulated Variable (MV)
- $et$  = Error saat ini
- $eint$  = Integral Error
- $ediff$  = differential Error

Nilai error didapatkan dari perbedaan nilai *Set Value* (SV) serta *Process Value* (PV). Nilai error yang didapatkan berdasarkan pada *time sampling* sistem. Setelah nilai error tersebut didapatkan maka nilai dari error integral serta error diferensial dapat dicari.



Gambar 1 Pembacaan error per time sampling.

$$et = SV - PV \tag{3}$$

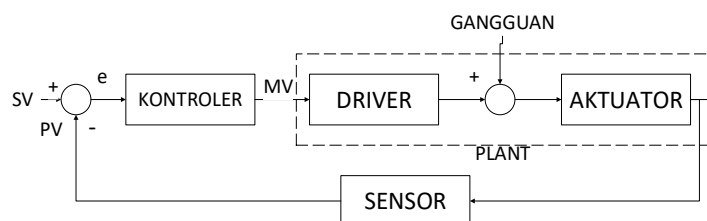
$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} (eint_{-1} + eint_{update}) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \tag{4}$$

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} (eint_{-1} + \frac{(et + et_{-1}) \times Ts}{2}) + K_p T_d \frac{(et - et_{-1})}{Ts} \tag{5}$$

dimana

- $et_{-1}$  = Error sebelumnya
- $Ts$  = Time Sampling
- $eint_{-1}$  = Integral error sebelumnya
- $eint_{update}$  = Integral error baru

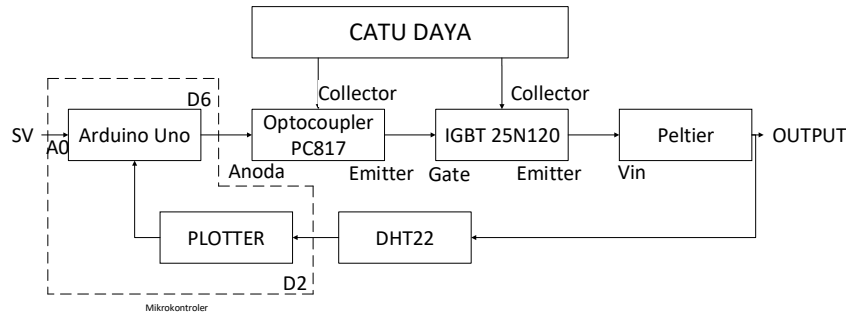
## 2.2 Perancangan Eksperimen



Gambar 2 Blok diagram kendali.

Proses akuisisi data dimulai dari pembacaan sensor yakni DHT22 yang kemudian datanya dikirimkan ke Arduino UNO. Output dari DHT22 sudah tidak memiliki noise dan akurat sehingga tidak diperlukan filterisasi maupun kalibrasi ulang. Hasil pembacaan sensor akan diolah dan

ditampilkan pada plotter untuk kemudian di analisis. Untuk pengujian gangguan, DHT22 diberi gangguan dengan cara meniupkan angin ke sensor DHT22.

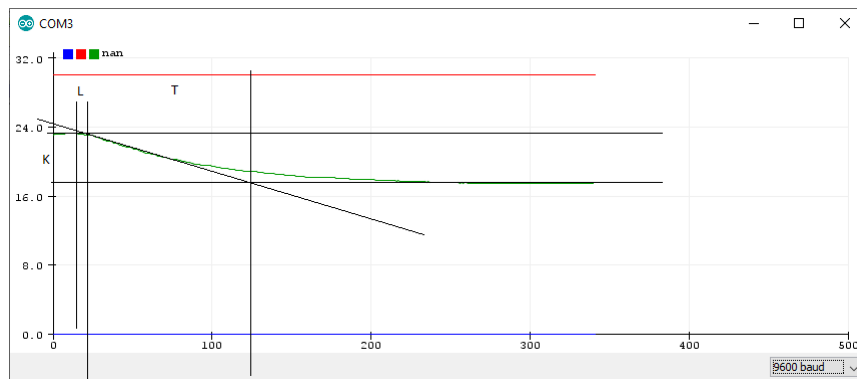


Gambar 3 Blok diagram alat.

Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO yang kemudian outputnya dihubungkan ke driver Optocoupler PC817 yang outputnya kemudian digunakan untuk men-drive IGBT 25n120. Optocoupler juga digunakan sebagai pelindung miktrokontroler jika terjadi kebocoran arus.

### 2.3 Perancangan Kendali

Perancangan kendali dilakukan dengan menggunakan metode Ziegler Nichols tipe 1 dimana sistem menggunakan loop terbuka. Sistem akan diberi sinyal step dan hasil analisis dari respon sistem tersebut kemudian digunakan untuk mencari parameter-parameter kendali sesuai dengan Tabel 1.



Gambar 4 Analisis respon.

Dari hasil analisis respon pada Gambar 4 diperoleh waktu respon = 1340 s, panjang keseluruhan plot = 22,20, titik awal L = 1,77, titik akhir L = Titik awal T = 2,06, titik akhir T = 6,38. Dengan demikian, *time constant* (T) dan *delay time* (L) adalah

$$T = \frac{\text{Titik akhir T} - \text{Titik awal T}}{\text{Panjang keseluruhan respon}} \times \text{Waktu respon} = \frac{6,38 - 2,06}{22,20} \times 1340 \text{ s} = 260 \text{ s}$$

$$L = \frac{\text{Titik akhir L} - \text{Titik awal L}}{\text{Panjang keseluruhan respon}} \times \text{Waktu respon} = \frac{2,06 - 1,77}{22,20} \times 1340 \text{ s} = 17,5 \text{ s}$$

Hasil perhitungan T dan L di atas digunakan untuk menghitung parameter kendali PID yaitu  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Perhitungan Ziegler Nichols Tipe 1.

Kendali	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5L$

Sehingga diperoleh:

$$K_p = 1,2 \times \frac{T}{L} = 1,2 \times \frac{260}{17,5} = 17,82$$

$$T_i = 2 \times L = 2 \times 17,5 = 35$$

$$T_d = 0,5 \times L = 0,5 \times 11,5 = 8,75$$

Parameter hasil perhitungan tersebut adalah parameter awal untuk selanjutnya dilakukan *tuning*. Proses *tuning* dilakukan menggunakan aturan tuning PID pada Tabel 2 sebagai referensi. Perlu diperhatikan bahwa perubahan respon terjadi ketika parameter yang bersangkutan dinaikkan.

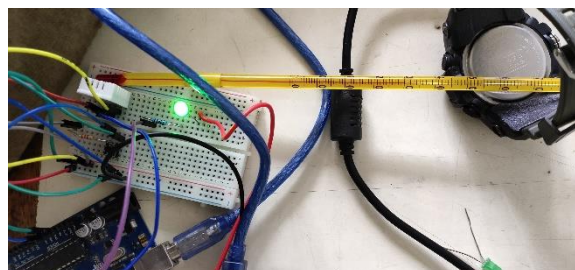
Tabel 2 Aturan *Tuning* Parameter PID.

Parameter	<i>Risetime</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Settling time</i>	<i>Error Steady state</i>
$K_p$	Berkurang	Bertambah	Minor	Berkurang
$T_i$	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Menghilangkan
$T_d$	Minor	Berkurang	Bertambah	Minor

### 3. PEMBAHASAN

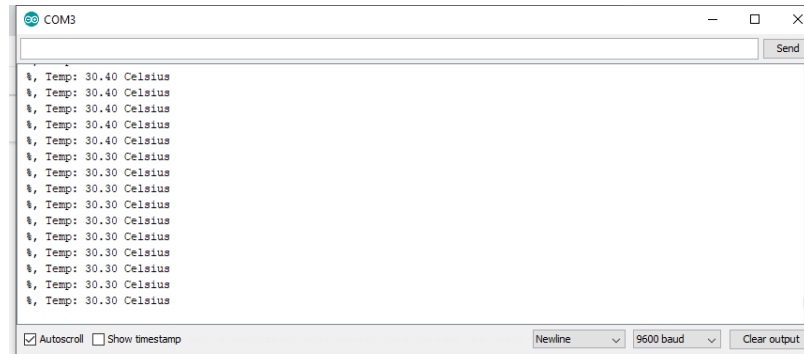
#### 3.1 Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 dilakukan untuk memastikan bahwa sensor yang digunakan dalam keadaan baik dan akurat. Perbandingan dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan thermometer air raksa dengan hasil pembacaan sensor. Termometer disandingkan dengan sensor DHT22 seperti yang terlihat pada Gambar 5.



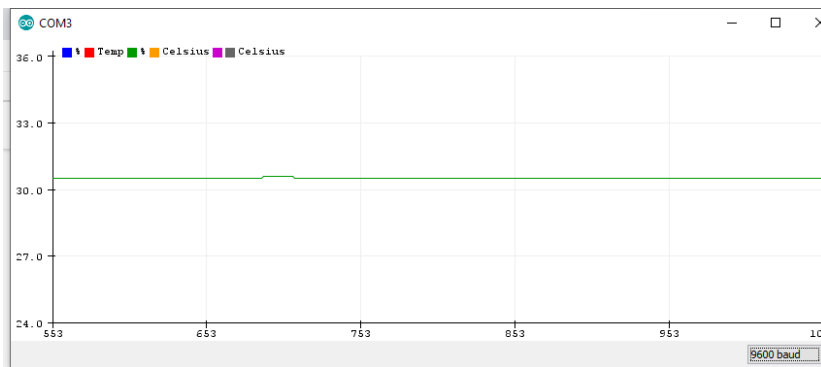
Gambar 5 Pembacaan termometer air raksa.

Hasil pembacaan termometer berkisar 30°C yang kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan sensor DHT22 seperti yang terlihat pada Gambar 6 yang menunjukkan hasil pembacaan sebesar 30,30°C.



Gambar 6 Pembacaan sensor DHT22.

Dengan hasil pembacaan yang sudah cukup akurat, maka tidak perlu melakukan kalibrasi pembacaan. Selain itu, hasil pembacaan DHT22 juga tidak memiliki noise seperti yang terlihat pada Gambar 7 sehingga noise filtering tidak perlu dilakukan.



Gambar 7 Pembacaan sensor DHT22 dalam grafik.

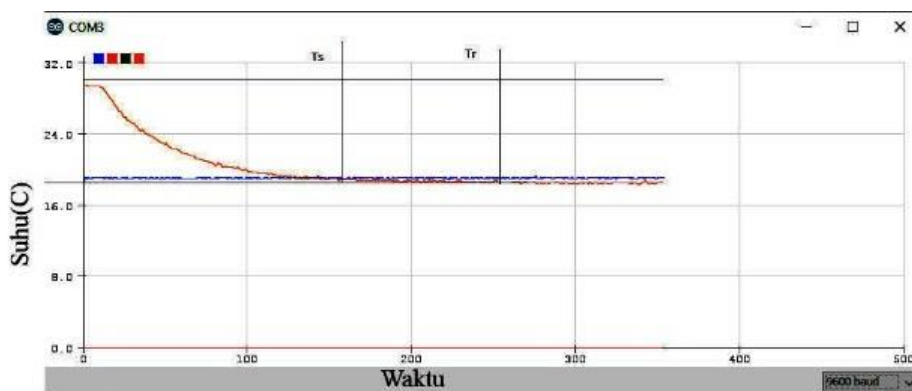
### 3.2 Respon Awal Kendali

Dengan parameter yang didapatkan dari hasil perancangan dengan menggunakan metode Ziegler Nichols 1 dan set point yang diberikan adalah  $19.06^{\circ}\text{C}$  seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Nilai SV dan PV sistem.

Respon sistem ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Respon kendali hasil Ziegler Nichols.

Hasil perhitungan parameter respon adalah sebagai berikut:

$$ESS = \left| \frac{18,5 - 19,06}{19,06} \right| \times 100\% = 2,93\%$$

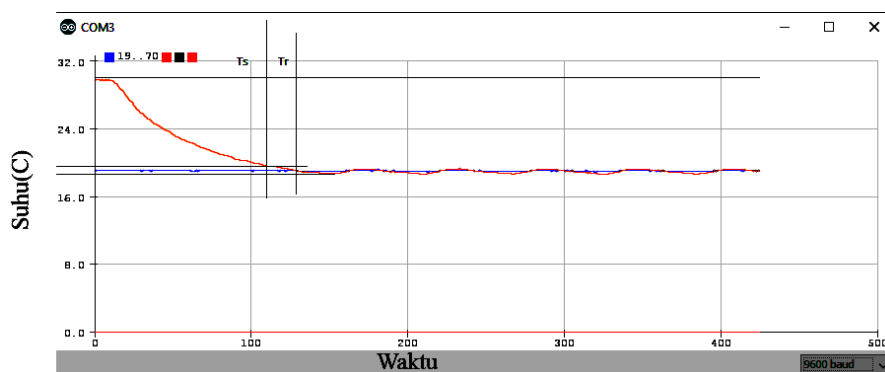
$$\text{Overshoot} = 0\%$$

$$\text{Risetime}(Tr) = \frac{1,83 - 1,19}{22,2} \times 1340 \text{ s} = 642,23 \text{ s}$$

$$\text{Settling Time}(Ts) = \frac{7,78 - 1,19}{22,2} \times 1340 \text{ s} = 397,77 \text{ s}$$

### 3.3 Tuning

*Tuning* ulang dilakukan karena parameter respon yang didapatkan tidak sesuai dengan yang diinginkan dimana *error steady state* (ESS), nilai *risetime* serta *settling time* masih besar. Proses ini dilakukan dengan menggunakan parameter PID hasil perancangan Ziegler Nichols tipe 1 sebagai titik awal serta memperhatikan aturan tuning parameter PID pada Tabel 2. *Tuning* dilakukan hingga didapatkan parameter akhir PID terbaik.



Gambar 10 Respon hasil tuning.

Parameter akhir yang didapatkan yaitu  $K_p = 10$ ,  $T_i = 0,001$ , dan  $T_d = 1$  sehingga diperoleh respon pada Gambar 10, dimana

$$ESS = 0\%$$

$$\text{Overshoot} = \left| \frac{4,34 - 4,26}{4,26} \right| \times 100\% = 1,88\%$$

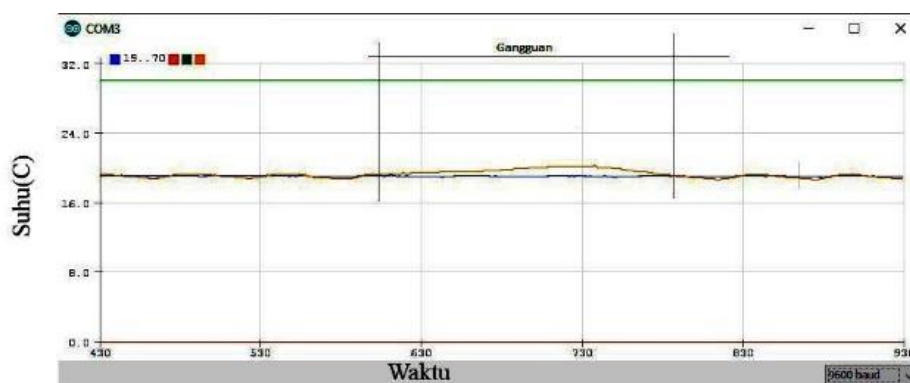
$$\text{Risetime}(Tr) = \frac{6,51 - 1,16}{22,2} \times 1340 \text{ s} = 322,92 \text{ s}$$

$$\text{Settling Time}(T_s) = \frac{5,47-1,16}{22,2} \times 1340s = 260,15s$$

Terlihat pada Gambar 10 bahwa respon yang didapatkan jauh lebih baik dimana *Error Steady state* yang hilang serta nilai *risetime* dan *settling time* yang jauh lebih cepat.

### 3.4 Uji Gangguan

Uji gangguan pada sistem diberikan dengan cara memberi tiupan angin ke sistem. Seperti yang terlihat pada Gambar 11, ketika sistem diberi gangguan suhu menjadi naik dan setelah beberapa saat kemudian sistem mengembalikan suhu ke set pointnya.



Gambar 11 Uji gangguan.

## 4. KESIMPULAN

Penggunaan metode Ziegler Nichols pada sistem ini adalah sebagai titik awal atau acuan parameter PID sebelum melakukan tuning ulang. Penggunaan DHT22 sebagai sensor tidak memiliki noise dan hasil pengukurannya sudah akurat sehingga tidak perlu melakukan filterisasi ataupun kalibrasi ulang. Hasil akhir parameter PID yakni  $K_p = 10$ ,  $T_i = 0,001$  dan  $T_d = 1$  dengan respon ESS = 0%, Overshoot = 1,88%, Risetime ( $T_r$ ) = 322, 92 s, Settling time ( $T_s$ ) = 260, 15 s. Hasil tuning tersebut juga terbukti tahan terhadap gangguan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. S. Lee. 2013. The Thomson effect and the ideal equation on thermoelectric coolers. *Energy*, vol. 56, pp. 61–69. Doi: 10.1016/j.energy.2013.04.049.
- [2] R. Umboh, J. O. Wuwung, E. Kendek Allo, and B. S. Narasiang. 2012. Perancangan Alat Pendinginan Menggunakan Elemen Peltier. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 1.
- [3] F. Gandi dan M. Yusfi. 2016. Perancangan Sistem Pendingin Air Menggunakan Elemen Peltier Berbasis Mikrokontroler ATmega8535. *Jurnal Fisika Unand*, vol. 5.
- [4] E. Yudiyanto, S. Adiwidodo, dan R. N. A. Takwim. 2020. Pemanfaatan Peltier Sebagai Sistem Pendinginan Untuk Medicine Cooler Box. *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan*. 213–218.
- [5] D. Prihatmoko. 2016. Perancangan dan Implementasi Pengontrol Suhu Ruangan Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *SIMETRIS*, vol. 7. 117–122.
- [6] C. B. Kadu dan C. Y. Patil. 2016. Design and Implementation of Stable PID Controller for Interacting Level Control System. *Procedia Computer Science*, vol. 79. 737–746. Doi: 10.1016/j.procs.2016.03.097.



- [7] K. H. Ang, G. Chong, dan Y. Li. 2005. PID control system analysis, design, and technology. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 13. No. 4. 559–576. Doi: 10.1109/TCST.2005.847331.
- [8] N. Hambali, A. A. R. Ang, A. A. Ishak, dan Z. Janin. 2015. Various PID controller tuning for air temperature oven system. *2014 IEEE International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications*. 26–27. Doi: 10.1109/ICSIMA.2014.7047441.
- [9] C. B. Prakash dan R. S. Naik. 2014. Tuning of PID Controller by Ziegler-Nichols Algorithm for Position Control of DC Motor. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, vol. 1. No. 3. 379–382.
- [10] D. T. Korsane, V. Yadav, dan K. H. Raut. 2014. PID Tuning Rules for First Order plus Time Delay System. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE RESEARCH IN ELECTRICAL*, vol. 2. No. 1. 582–586. [Online]. Tersedia di [www.ijireeice.com](http://www.ijireeice.com)
- [11] Lima, F., & Serra, G. 2015. Robust fuzzy PID controller design for dynamic systems with time delay. *2015 IEEE 24th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*. doi:10.1109/isie.2015.7281454.
- [12] Indiketiya, T. H. 2021. An Optimum Strategy to Control Peltier Device Cold Side Temperature. *2021 IEEE 11th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*. doi:10.1109/ccwc51732.2021.9376130
- [13] Thakor, M. D., Hadia, S. K., & Kumar, A. 2015. Precise temperature control through Thermoelectric Cooler with PID controller. *2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP)*. doi:10.1109/iccsp.2015.7322677
- [14] R. Suryoputro, A. Gautama, P. Satwiko, and S. Prabowo. 2019. *Optimasi Smart Peltier Cooler Menggunakan Fuzzy C-Means*. E-Proceeding of Engineering: vol. 6, no. 2, pp. 9208–9218. [Online] Tersedia di <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/9943/9799> [diakses pada 11 Desember 2022]