# Implementasi Metode Pid Pada Pendingin Ruang Panel Inverter Berbasis Arduino

Ade Rachmawan[1], Syahri Muharom[2]
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya [1,2]
*e-mail*: aderachmawan00@gmail.com

***ABSTRACT***

*PT. Surya Pratista Hutama is one of the companies engaged in the food sector, one of which is the manufacture of noodles. To obtain good results and product quality requires a good and correct control system panel layout. In that company, the wrong placement of the control panel that was too close to the noodle dryer machine resulted in the failure of the inverter electronic equipment to operate inverter due to overheating. Temperature inside the panel room has reached 45ºC because the heat temperature outside the panel room has achieved 47ºC. By PID method, this system was designed to accelerate the system response in attaining 27ºC, the set point of temperature that had been previously determined. The result of PID test indicated that the best parameter of tuning happened in Kp = 6, Ki = 0.4, and Kd = 0.4. The best result of test existed in Rise Time 21 minutes, overshoot 3.1%, and settling time 28 minutes, reaching the error steady state 0.1% of the temperature set point. Thus, the percentage of system success to get the error steady state was 88.9% within the average rise time 25.7 minutes, average overshoot 6.2%, average settling time 34.2 minutes, and average error steady state 0.3%.*

***Keywords:*** *Overheating, Inverter, Thermoelectric Cooler Peltier, PID*

**ABSTRAK**

PT. Surya Pratista Hutama merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang makanan salah satunya adalah pembuatan mie. Untuk memperoleh hasil dan kualitas produk yang baik membutuhkan tata letak panel sistem kontrol yang baik dan benar. Pada perusahaan tersebut kesalahan penempatan panel kontrol yang terlalu dekat dengan mesin pengering mie mengakibatkan gagal di operasikannya peralatan elektronik inverter dikarenakan *overheating* suhu di dalam ruang panel yang mencapai 45ºC yang di pengaruhi oleh suhu dari luar ruang panel mencapai 47ºC. Sistem yang di rancang ini menggunakan metode PID untuk mempercepat respon sistem agar mencapai *set point* suhu yang sudah di tetapkan pada suhu 27ºC. Dari hasil pengujian PID di dapatkan hasil dengan nilai parameter *tuning* terbaik pada nilai Kp = 6, Ki = 0,4, serta Kd = 0,4. Dari pengujian PID tersebut di dapatkan hasil pengujian terbaik dengan waktu *Rise Time* 21 menit, dan *overshoot* sebesar 3,1%, dan waktu *setling time* 28 menit, dengan mencapai *error steady state* sebesar 0,1% dari *set point* suhu. Presentase keberhasilan sistem untuk mencapai *error steady state* sebesar 88,9%, dengan rata-rata waktu *rise time* selama 25,7 menit, dan nilai rata-rata *overshoot* sebesar 6,2%, rata-rata waktu *setling time* 34,2 menit, serta nilai rata-rata *error steady state* sebesar 0,3%.

**Kata Kunci :** *Overheating, Inverter, Thermoelectric Cooler Peltier, PID.*

## PENDAHULUAN

Panel kontrol listrik merupakan tempat untuk sebuah rangkaian komponen elektronika yang salah satu fungsinya digunakan sebagai tempat pengendali atau pembagi jaringan listrik pada suatu sistem otomasi di dalam industri. Panel kontrol listrik ini di buat dan di rancang bertujuan untuk mempermudah pengontrolan peralatan listrik pada sistem otomasi industri[1]. Panel kontrol listrik suatu hal yang sangat penting sebagai tempat instalasi listrik, peralatan sistem kontrol yang terdapat pada *box* panel listrik pada sistem otomasi industri adalah MCCB *(Module Case Circuit Breaker), inverter, contactor, indicator lamp, cable, cabel*[2].

PT. Surya Pratista Hutama merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang makanan yang berfokus pada pembuatan mie. Pada perusahaan tersebut selalu mengutamakan hasil produksi dengan kualitas yang bagus[3]. Dalam memperoleh hasil dan kualitas produk yang baik membutuhkan tata letak panel sistem kontrol yang baik dan benar. Pada perusahaan tersebut kesalahan penempatan panel kontrol yang terlalu dekat dengan mesin pengering mie mengakibatkan gagal di operasikannya peralatan elektronik seperti inverter. Dari *datasheet* inverter yang di gunakan yaitu FUJI ELECTRIC dengan jenis FRENIC – Eco tipe FRN 30 F1S 4A yang mempunyai kapasitas beban motor 30KW mempunyai batas pengoperasian suhu pada -10ºC sampai 40ºC[4]. Penyebab sering gagal di operasikannya inverter diakibatkan *overheating* suhu di dalam ruang panel yang mencapai 45ºC yang di pengaruhi oleh suhu panas dari luar ruang panel mencapai 47ºC. Oleh karena itu suhu di sekitar area inverter sangat panas, sehingga sistem pendinginan *inverter* tidak mampu untuk membuang panas yg ada di dalam *inverter*.

Inverter merupakan peralatan elektronika yang mempunyai fungsi untuk mengubah arus DC menjadi AC dengan besaran nilai tegangan dan frekuensi yang bisa di ubah-ubah serta *output* inverter bisa membentuk suatu gelombang sinusoidal (*pure sine wave*), serta gelombang sinyal digital (*square wave*)[5]. Inverter mempunyai 3 bagian rangkaian utama yang terdiri dari bagian pertama yaitu rangkaian *converter* yang bisa mengubah tegangan AC menjadi tegangan searah DC dengan menghilangkan *noise* pada *output* tegangan DC ini. Pada bagian kedua merupakan rangkaian inverter yang bisa mengubah tegangan searah (AC) menjadi tegangan bolak-balik (DC) satu fasa dengan bermacam macam bentuk frekuensi yang di hasilkan. Kedua rangkaian ini merupakan rangkaian utama. Pada bagian ketiga merupakan sebuah rangkaian yang berfungsi untuk mengendalikan rangkaian utama. Gabungan keseluruhan rangkaian ini disebut unit inverter[6].

Sistem kontrol sering di terapkan untuk menstabilkan suatu sistem, bisa di terapkan pada sistem pemanas ataupun sistem pendingin [7][8]. Dalam sistem kontrol PID *(Proportional Integral Derivative)* merupakan sistem kontrol *close loop* yang sering di gunakan pada sistem kontrol di dunia industri. Sistem kontrol ini digunakan untuk menghitung *error* sebagai perbedaan antara nilai *set point* dengan niai yang di ukur. Kontrol PID ini berfungsi untuk meminimalisir kesalahan sekecil mungkin dengan menyesuaikan input pada proses kontrol. Pada kontroller PID *(Proportional Integral Derivative)* merupakan bentuk pengendali kompensator satu fasa dengan cara menghitung nilai dari *set point* atau titik awal sampai tak terhingga. Kontrol PID *(Proportional Integral Derivative)* disebut juga pengendali tiga kondisi dimana fungsi transfernya ditulis menggunakan persamaan sebagai berikut[9][10] :

$$G(s) = Kp + \frac{Ki}{s} + K_d S \quad \text{..... (1)}$$

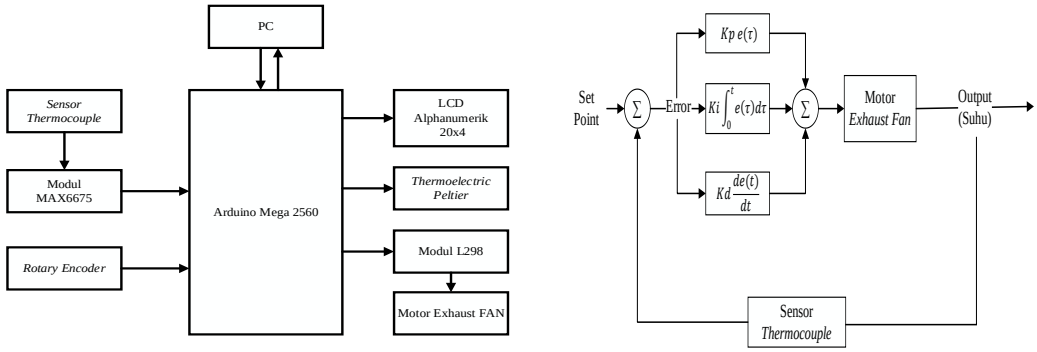
Dimana :
Kp = *Propotional gain*
Ki = *Integral gain*
Kd = *Derivaive gain*

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk membuat sistem pendingin ruang panel *inverter* serta dengan menggunakan metode PID *(Propotional Integral Derivative)* untuk menjaga kestabilan suhu ruang panel *inverter* pada suhu 27ºC sehingga bisa mencegah terjadinya *overheating* pada *inverter*. Hasil dari perancangan kontrol suhu dari sistem pendingin ruang panel *inverter* ini di harapkan mampu untuk mencegah terjadinya *overheating* suhu di dalam ruang panel *inverter* serta dapat memberi informasi kepada operator mengenai suhu di dalam ruang panel *inverter*.

## METODE

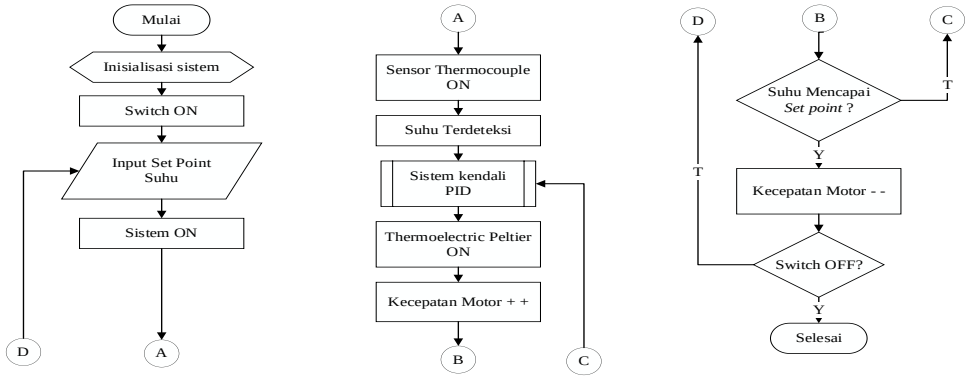
### Perancangan Sistem

Dalam perancangan sistem yang di buat terdiri dari beberapa bagian antara lain yaitu perancangan mekanik, *Hardware*, *Software*. Dalam perancangan sistem yang pertama adalah perancangan blok diagram yang di bagi menjadi dua yaitu perancangan blok diagram sistem dan blok diagram kontrol suhu dengan metode PID dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk *flowchart* sistem dapat dilihat pada Gambar 2.




Gambar 1. a) Blok Diagram Sistem, b) Blok Diagram Kontrol Suhu dengan Metode PID

Dari blok diagram tersebut dapat di ketahui prinsip kerja alat yang akan dibuat yaitu, pertama sensor *Thermocouple* untuk mendeteksi suhu di dalam ruang panel dan diolah menjadi data pada modul MAX6675. Setelah diketahui suhu di dalam ruang panel maka operator bisa menentukan parameter *set point* suhu yang ingin di capai pada sistem kontrol PID. Selanjutnya pada *Rotary Encoder* digunakan untuk mengetahui kecepatan putaran pada motor *exhaust fan*. Selanjutnya *output* dari alat ini yakni, LCD *Alphanumeric* 20x4 untuk menampilkan parameter suhu serta *set point* suhu yang akan di tentukan serta menampilkan kecepatan putaran motor. *Thermoelectric Peltier* sebagai pemberi suhu dingin di dalam ruang panel. Modul L298 digunakan sebagai pengatur nilai *output* PWM kecepatan motor pada *exhaust fan*. Motor *Exhaust Fan* berfungsi sebagai pembuang udara panas dari dalam ruang panel agar bisa mengontrol suhu di dalam ruang panel hingga mencapai nilai *set point* suhu yang sudah di tentukan sebelumnya. Komunikasi serial dari mikrokontroller ke PC digunakan sebagai *interface* untuk menampilkan respon grafik yang dihasilkan oleh kontrol PID.



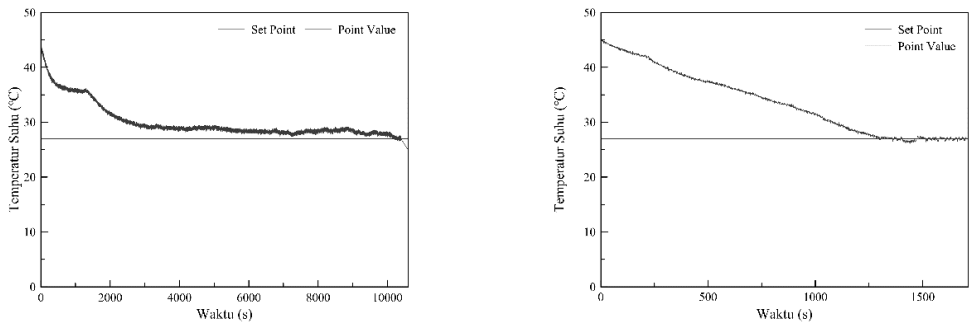

Gambar 2. *Flowchart* Sistem

Pada Gambar 2 dapat di ketahui cara kerja program pada tahap awal adalah start, *switch* ON, setelah itu masukan nilai *input set point* suhu yang ingin di tentukan dan secara otomatis sistem akan mengaktifkan sensor *thermocouple*. Setelah suhu sudah terdeteksi maka akan di proses ke dalam sub proses pengendalian PID serta otomatis *thermoelectric peltier* akan aktif untuk mendinginkan ruang panel dan motor *exhaust fan* juga aktif untuk mengontrol pembuangan udara dingin yang berada di dalam ruang panel. Selanjutnya, kecepatan motor *exhaust fan* yang akan bertambah sampai suhu mencapai *set point*, sistem ini dilakukan secara berulang ulang serta kecepatan akan berkurang bila suhu sudah mencapai *set point*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Sistem Tanpa Metode dan Menggunakan Metode PID

Pada pengujian sistem tanpa menggunakan metode ini dilakukan dengan melihat respon penurunan suhu di dalam ruang panel mulai dari suhu awal 45℃ hingga mencapai suhu terdingin di dalam ruang panel 25℃. Pengujian dilakukan dengan cara mengaktifkan pendingin *Thermoelectric peltier* untuk mendinginkan ruang panel inverter serta mengaktifkan motor *exhaust fan* secara maksimal untuk membuang udara panas dari dalam ruang panel inverter. Pada Gambar 3.a merupakan hasil pengujian sistem tanpa menggunakan metode, dimana memerlukan waktu 2jam 8 menit untuk menurunkan suhu ruang panel dari suhu 45℃ hingga mencapai suhu terdingin 25℃. Dari hasil pengujian sistem tanpa metode memiliki respon penurunan suhu yang sangat lama.




(a) (b)

Gambar 3. a) Hasil Pengujian Sistem Tanpa Metode , b) Hasil Pengujian Sisetem Menggunakan Metode PID

Pada Gambar 3.b merupakan hasil dari pengujian sistem menggunakan metode PID. Sistem PID ini digunakan untuk menstabilkan dan menjaga suhu pada ruang panel inverter untuk mencapai nilai *set point* suhu dan mencapai nilai *error steady state* sekecil mungkin. Pada sistem PID ini menggunakan *input* dari sensor suhu *thermocouple* dan menghasilkan *output* untuk digunakan sebagai *input* nilai PWM untuk mengatur kecepatan motor *exhaustfan.* Sistem kontrol PID ini dilakukan dengan sistem *trial and error* dengan mengubah nilai parameter Kp, Ki, Kd, untuk mencapai nilai respon kestabilan suhu ruang panel yang lebih baik. Dari hasil pengujian menggunakan metode PID didapatkan hasil *tuning* nilai parameter terbaik pada Kp = 6, Ki = 0,4, Kd = 0,4, dari nilai parameter tersebut di dapatkan hasil waktu *Rise Time* = 21 menit, dan *Overshoot* = 3,1%, dan *Setling Time* = 28 menit, mencapai *Error Steady State* = 0,1% dari *set point* suhu. Hasil dari pengujian ini penurunan suhu mencapai *error steady state* membutuhkan waktu yang sangat singkat selama 28 menit. Hasil pengujian menggunakan metode PID dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

*Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem PID*

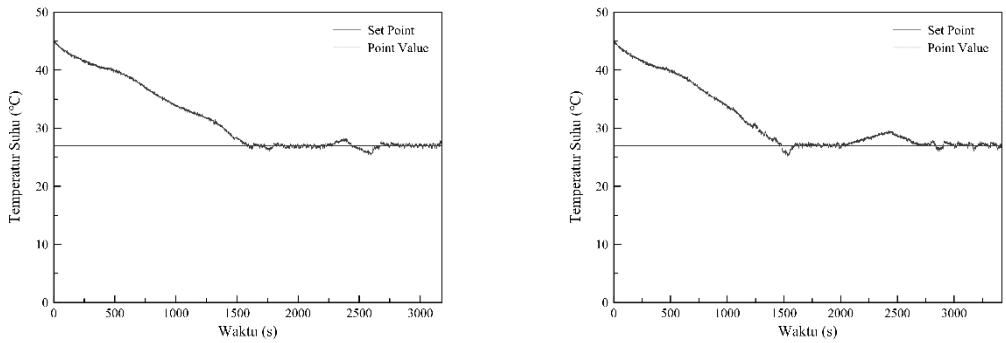
| No | Suhu Awal | Set Point | PID | | | *Rise Time* (Menit) | *Over shot* (%) | *Setling Time* (Menit) | *Error Steady State* (%) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Kp | Ki | Kd | | | | | |
| 1 | 45 | 27 | 2 | 0 | 0 | 33 | 8 | 42 | 0,4 | Berhasil |
| 2 | 45 | 27 | 4 | 0 | 0 | 22 | 5,9 | 32 | 0,1 | Berhasil |
| 3 | 45 | 27 | 6 | 0 | 0 | 24 | 6,7 | 32 | 0,04 | Berhasil |
| 4 | 45 | 27 | 8 | 0 | 0 | 27 | 3,1 | 34 | 0,07 | Berhasil |
| 5 | 45 | 27 | 10 | 0 | 0 | 28 | 6,7 | 36 | 0,04 | Berhasil |
| 6 | 45 | 27 | 6 | 0,2 | 0 | 29 | 3,1 | 36 | 0,1 | Berhasil |
| 7 | 45 | 27 | 6 | 0,4 | 0 | 25 | 3,1 | 30 | 0,1 | Berhasil |
| 8 | 45 | 27 | 6 | 0,6 | 0 | 23 | 5,9 | 31 | 0,2 | Berhasil |
| 9 | 45 | 27 | 6 | 0,2 | 0,2 | 26 | 5,9 | 36 | 0,3 | Berhasil |
| 10 | 45 | 27 | 6 | 0,4 | 0,4 | 21 | 3,1 | 28 | 0,1 | Berhasil |
| 11 | 45 | 27 | 6 | 0,4 | 0,6 | 27 | 7,6 | 38 | 0,2 | Berhasil |
| 12 | 45 | 27 | 6 | 0,4 | 0,8 | 24 | 8,4 | 32 | 2,4 | Tidak Berhasil |
| 13 | 45 | 27 | 6 | 0,4 | 0,9 | 26 | 8,4 | 36 | 0,2 | Berhasil |
| 14 | 45 | 27 | 6 | 0,6 | 0,6 | 25 | 3,1 | 31 | 0,3 | Berhasil |
| 15 | 45 | 27 | 6 | 0,6 | 0,8 | 27 | 8 | 35 | 0,2 | Berhasil |
| 16 | 45 | 27 | 6 | 0,6 | 1 | 23 | 7,6 | 33 | 0,6 | Tidak Berhasil |
| 17 | 45 | 27 | 6 | 0,8 | 0,4 | 25 | 7,6 | 35 | 0,2 | Berhasil |
| 18 | 45 | 27 | 6 | 0,9 | 0,4 | 27 | 8,9 | 38 | 0,2 | Berhasil |

Dari hasil pengujian sistem menggunakan metode PID pada Tabel 1 dapat di amati bahwa hasil pengujian sistem PID di lakukan sebanyak 18 kali pengujian. Dari hasil pengujian tersebut di dapatkan 16 pengujian yang berhasil mencapai *error steady state* dan terdapat 2

pengujian yang tidak bisa mencapai nilai *error steady state* yaitu pada hasil pengujian ke – 12 dan hasil pengujian ke – 16. Dimana pengujian sistem tidak bisa mencapai nilai *error steady state* dikarenakan hasil perhitungan PID dari pengendali arduino yang menunjukkan nilai tidak terhingga (NAN) sehingga mengakibatkan pembacaan nilai PWM dari kecepatan motor *exhaust fan* bernilai 0 dan motor *exhaust fan* tidak bekerja, sehingga mengakibatkan tidak bisa membuang udara dari dalam ruang panel untuk mencapai *set point* suhu.

**Hasil Pengujian Sistem Menggunakan Metode PID Dengan Gangguan**

Pada pengujian sistem PID dengan menggunakan gangguan ini memiliki tujuan agar dapat mengetahui seberapa baik respon dari sistem pendingin ruang panel inverter apabila terjadi gangguan pada saat waktu pendinginan. Sistem gangguan ini dilakukan dengan cara membuka pintu ruang panel inverter selama 1 sampai 3 menit agar proses pendinginan ruang panel terganggu dari suhu luar ruang panel. Setelah sistem pendingin ruang panel inverter di beri gangguan apakah sistem bisa kembali lagi untuk menstabilkan suhu hingga mencapai *set point* suhu, dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.a dan 4.b.




(a) (b)

Gambar 4. a) Hasil Pengujian Sistem PID dengan Gangguan 1 menit , b) Hasil Pengujian Sistem PID dengan Gangguan 3 menit

Hasil pengujian sistem menggunakan metode PID pada Gambar 4.a dan Gambar 4.b dapat dijelaskan bahwa dengan menggunakan nilai parameter yang sama Kp = 6, Ki = 0,4, Kd = 0,4, respon sistem yang di hasilkan sangat baik dan bisa mencapai nilai *error steady state* kembali. Pada saat sistem mencapai *set point* dan *error steady state*, sistem diberi gangguan dengan membuka pintu ruang panel inverter selama 1 menit pada Gambar 4.a dan selama 3 menit pada Gambar 4.b di dapatkan hasil respon sistem yang sangat baik. Setelah di beri gangguan selama 1 menit dan 3 menit suhu dapat kembali stabil hingga mencapai *set point* dan *error steady state* kembali. Hasil dari pengujian sistem menggunakan metode PID dengan gangguan selama 1 menit dan selama 3 menit dapat di lihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem PID dengan Gangguan

| No | Suhu Awal | *Set Point* | PID | | | *Rise Time* (Menit) | *Overshot* (%) | *Setling Time* (Menit) | *Error Steady State* (%) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Kp | Ki | Kd | | | | | |
| 1 | 45 | 27 | 6 | 0,4 | 0,4 | 23 | 3,1 | 31 | 0,1 | Berhasil |
| 2 | 45 | 27 | 6 | 0,4 | 0,4 | 23 | 3,1 | 30 | 0,1 | Berhasil |

| No | Diberi Gangguan (Menit) | *Rise Time* (Menit) | *Overshoot* (%) | *Setling Time* (Menit) | *Error Steady State* (%) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 Menit | 2 | 4,2 | 5 | 0,2 | Berhasil |
| 2 | 3 Menit | 8 | 5,9 | 11 | 0,2 | Berhasil |

Hasil pengujian yang dilakukan dengan memberi gangguan selama 1 menit di dapatkan hasil waktu *Rise Time* = 2 menit, dan *Overshoot* = 4,2%, dan waktu *Setling Time* = 5 menit, dengan mencapai *Error Steady State* = 0,2% dari *set point* suhu. Pada saat dilakukan dengan memberikan gangguan selam 3 menit pada sistem didapatkan hasil dengan selisih nilai *Overshoot* 1,7% dari *overshoot* yang di beri gangguan selama 1 menit. Sedangkan dengan memberi gangguan selama 3 menit di dapatkan hasil waktu *Rise Time* = 8 menit, dan *Overshoot* = 5,9%, dan waktu *Setling Time* = 11 menit, dengan mencapai *Error Steady State* = 0,2% dari *set point* suhu.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah di lakukan di dapatkan kesimpulan bahwa sistem pendingin ruang panel inverter bisa menjaga kestabilan pada suhu 27℃, dengan menguji sistem tanpa menggunakan metode di dapatkan hasil penurunan suhu tercepat dari 45℃ hingga mencapai *set point* suhu 27℃ membutuhkan waktu 2jam 8menit, dengan menggunakan metode PID penurunan suhu hingga mencapai *set point* dan *error steady state* tercepat membutuhkan waktu 28 menit. Pada pengujian sistem PID di dapatkan nilai parameter terbaik pada nilai Kp = 6, Ki = 0,4, serta Kd = 0,4, dengan hasil *Rise Time* = 21 menit, dan *overshoot* = 3,1%, dan waktu *setling time* = 28 menit, dengan mencapai *error steady state* = 0,1% dari *set point* suhu. Dari hasil pengujian di dapatkan presentase keberhasilan pengujian hingga mencapai *error steady state* sebesar 88,9%, dengan rata rata waktu *rise time* selama 25,7 menit, dan nilai rata-rata *overshoot* sebesar 6,2%, rata-rata waktu *setling time* 34,2 menit, serta nilai rata-rata *error steady state* sebesar 0,3%.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] W. Djalmono, "Sistem Pendingin Menggunakan Thermalelectric Cooler Guna Menstabilkan Temperatur Box Panel Kontrol Mesin Die Casting," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 3, p. 146, 2019, doi: 10.32497/jrm.v14i3.1655.

[2] T. S. W. Alfalah, "Alat Pencegah Kebakaran Berbasis Mikrokontroller AT89S51 Pada Box Panel Kontrol Listrik," *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 75, pp. 31–47, 2009.

[3] R. Gozal, "Analisis Rekrutment Dan Seleksi Pada PT. Surya Pratista Hutama," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2017.

[4] Fuji Electric Systems, *Instruction Manual Designed for Fan and Pump Applications FRENIC-Eco*. Japan, 2010.

[5] R. Mundus, K. H. Khwee, and A. Hiendro, "RANCANG BANGUN INVERTER DENGAN MENGGUNAKAN SUMBER BATERAI DC 12V Ray," *Invert. DENGAN MENGGUNAKAN SUMBER BATERAI DC 12V Ray*, 2019.

[6] A. A. Adam, "Rangkaian Inverter Satu Fasa Berdasarkan Perubahan Frekuensi Untuk Pengendalian Kecepatan Motor Capasitor," vol. 14, no. 1, pp. 44–59, 2015.

[7] S. Adi, A. A. Kunto, T. Suheta, and S. Muharom, "Pengaturan Tingkat Suhu Dan Kelembaban Pada Mesin Penetas Telur Burung Puyuh," *SinarFe7*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Jul. 2019.

[8] Syahri Muharom, Marcelinus Amalia Lamanenle "Rancang bangun mesin pengering biji kopi bebrbasis mikrokontroler Atmega32" Sinarfe7 2018 ISSN:2621 3540 Halaman 36-41.

[9] S. Muharom, I. Masfufiah, R. A. Firmansyah, A. Hamid, and S. Oetomo, "Implementasi Kontrol Suhu Menggunakan Metode PID pada Aplikasi Inkubator Infant Warmers," *Cyclotron*, vol. 4, no. 1, pp. 55–59, 2021.

[10] W. S. Pambudi, "Rancang Bangun 3 Wheels Omni-Directional Mobile Robot Menggunakan Sensor Position Sensitive Device (Psd) Serta Sensor Vision Dengan Metode Kendali Fuzzy Logic Controller (Flc) Untuk Menghindari Halangan," *Semantik*, vol. 1, no. 1, 2011, [Online]. Available: http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/semantik/article/view/43.