

# KONTROL SUHU PADA GENERATOR SET DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER

Axel Dewo Augustama<sup>1</sup>, Sujono<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur  
Jakarta, Indonesia  
[1aagustama@gmail.com](mailto:aagustama@gmail.com) , [2sujono@budiluhur.ac.id](mailto:sujono@budiluhur.ac.id)

## ABSTRAK

Generator set (Genset) adalah suatu alat yang dapat merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada generator set beroperasi untuk memasok listrik ke suatu beban, besarnya arus listrik yang terjadi akan menyebabkan peningkatan pemanasan yang terjadi pada mesin penggerakannya dan jika tidak dijaga akan mungkin menyebabkan pemanasan yang berlebih (*overheating*). Pada makalah ini membahas tentang sistem pengendali suhu generator set secara otomatis untuk mencegah kondisi pemanasan berlebih (*overheating*) pada generator set saat beroperasi. Sistem pengendali yang digunakan adalah mikrokontroler ESP-32 dengan algoritma Proporsional Integral dan Derivative (PID). Sensor suhu DS18B20 digunakan untuk mendeteksi suhu aktual pada generator set. Sebagai aktuator dalam mengatur suhu generator set digunakanlah kipas angin dc 12 volt. Cara kerja pengendalian suhu dimulai pada sensor suhu ds18b20 mendeteksi suhu pada genset kemudian data tersebut diolah dengan algoritma PID oleh mikrokontroler ESP-32 untuk menghasilkan nilai PWM yang akan diumpankan ke kipas dc 12 volt sebagai aktuator. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan memberikan variabel pada Kp, Ki, Kd agar menghasilkan respon sistem yang stabil, didapatkan dengan nilai variabel Kp=2, Ki=5, Kd=1 set point 57 °C, nilai rise time yaitu 35 detik, overshoot 2,19 °C, settling time 109 detik dan steady state error 0,44 °C. Pada pengujian lain pada setpoint 70 °C dengan nilai variabel Kp=3, Ki=2, Kd=2 nilai rise time sebesar 47 detik, overshoot 2,06 °C, settling time 114 detik, steady state error 2,31 °C.

**Kata Kunci :** Sensor Suhu DS18B20, ESP-32 , Generator set, Overheating, PID, PWM

## ABSTRACT

Generator set (Genset) is a device that can convert mechanical energy into electrical energy. In a generator et that operates to supply electricity to a load, the amount of electric current that occurs will cause an increase in heating that occurs in the engine and if not maintaeined it may cause overheating. This paper discusses the automatic generator set temperature control system to prevent overheating conditions on the generator set while operating. The control system used is the ESP-32 microcontoller with algorithm Proporsional Integral and Derivative (PID). The DS18B20 temperature sensor is used to detect the actual temperature on the generator set. As an actuator in regulating the temperture of generator set, a 12 Volt dc fan is used. The way the temperature control works starts at the ds18b20 temperature sensor detects the temperature on the data is processed with the PID algorithm by the ESP-32 microcontoller to produce a PWM value which will be fed to the 12 Volt dc fan as an actuator. Based on tests that have been done by giving variables to Kp, Ki, Kd in order to produce a stable system response, it is obtained with the variable value Kp=2, Ki=5, Kd=1 set point 57 °C, the value of the rise time is 35 seconds, overshoot 2,19°C, settling time 109 seconds and steady state error of 0.44°C. In another test at the setpoint of 70°C with variable values Kp=3, Ki=2, Kd=2, the value of rise time is 47 seconds, overhoot 2.06 °C, settling time 114 seconds, steady state error 2.31°C.

**Keyword :** Sensor Suhu DS18B20, ESP-32 , Generator set, Overheating, PID, PWM

## I. PENDAHULUAN

Generator set (Genset) merupakan bagian dari generator dan suatu alat yang dapat merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator terdiri dari panel dan motor induksi 3 Phase dengan bahan bakar bensin atau solar. Generator dapat dikelompokkan atas 2 jenis, yaitu generator *non-portable* dan generator *portable*. Kapasitas daya generator stationer besar, biasanya diatas 100 kVA sedangkan untuk generator *portable* dapat dipindah-pindah dan biasanya dibawah 10 kVA. Umumnya generator dihidupkan secara manual dan untuk menaikan MCB pun masih secara manual.

Dalam generator set akan mengeluarkan suhu jika generator sedang bekerja batas aman temperatur operasional suhu ideal generator set adalah 80°C. Peningkatan suhu generator tersebut jika melebihi suhu ideal dari generator set maka disebut *Overheating*, hal ini bisa disebabkan jika generator bekerja dengan beban penuh dari kapasitas generator secara terus menerus tanpa istirahat atau jeda. Suhu generator yang meningkat sampai terlalu panas akan merusak komponen generator.

Salah satu sistem monitoring suhu generator dapat dilakukan dengan memanfaatkan internet untuk mengetahui status on/off generator, status ketersediaan bahan bakar. Sebagai pengendali digunakan ESP8266 [1].

Salah satu upaya dalam optimasi performa genset sebagai catu daya untuk menjaga suhu air dan suhu oli maka diperlukan perawatan genset oleh tenaga ahli agar terjaga suhu air dan suhu oli tersebut [2].

Salah satu sistem pengendalian suhu pada alat penetas telur untuk menjaga suhu tersebut menggunakan kontroler PID dan metode heuristic, sebagai pembaca suhu digunakan sensor suhu DHT22 [3].

Salah satu sistem mendiagnosa temperature mesin kendaraan melebihi batas normal dan mencari solusi penanganan tersebut dilakukan wawancara dengan sejumlah para ahli mesin, ahli radiator dan ahli kelistrikan mobil didapatkan data untuk mencari diagnosa temperature mesin dan solusi penanganan tersebut dilakukan dengan metode *backward* dan *certainly factor* [4].

Salah satu sistem pendendalian suhu pada pemanas air listrik untuk menjaga suhu tersebut menggunakan kontroler PID sebagai pengendali digunakan Arduino Uno [5].

Salah satu sistem pendendalian suhu pada mesin pengering kertas untuk menjaga suhu tersebut menggunakan logika *fuzzy* sebagai pembaca suhu digunakan sensor SHT-11 [6].

Salah satu sistem pengendalian suhu pada mesin *sintering furnace* penghasil logam dan keramik untuk menjaga suhu tersebut dengan cara

mengatur arus dan tegangan tinggi sebagai pengendali digunakan *thyristor* [7].

Salah satu sistem pengendalian suhu pada alat pengering cengkeh untuk menjaga suhu tersebut menggunakan kontroler PID dan metode *Ziegler-Nichols*, sebagai pembaca suhu digunakan sensor suhu DS1820 [8].

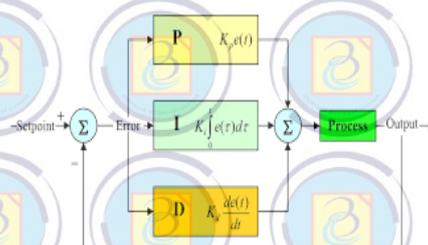
Salah satu sistem pengendalian suhu air pada alat *water shower* untuk menjaga suhu air tersebut menggunakan kontroler PID dan metode *trial and error*, sebagai pengendali suhu digunakan AVR ATmega8535 [9].

Salah satu sistem pengendalian suhu air pada alat inkubator bayi prematur untuk menjaga suhu tersebut menggunakan kontroler PID dan metode *Ziegler-Nichols*, sebagai pengendali suhu digunakan ATMEGA2560 [10].

Berdasarkan hasil jurnal yang telah diuraikan, maka dalam penelitian ini akan membahas sistem pengendalian suhu dengan menggunakan metode PID pada generator set. Untuk membaca suhu yang dihasilkan dari generator set pada bagian blok mesin atau *crankcase* tepatnya digunakan sensor suhu DS18B20 yang memiliki range membaca dari -55°C - 125°C. Sementara untuk mendinginkan suhu generator set digunakan kipas konvensional air radiator mobil dengan diameter 10 inch. Diharapkan alat ini mampu mendinginkan suhu generator set yang sedang bekerja.

### A. Sistem Pengendali PID (*Proportional Integral Derevative*)

Pengendali PID adalah gabungan dari *Proportional Integral Derevative* yang saling menutupi. Dengan menggunakan ketiganya menjadi elemen-elemen pengendali *Proportional, Integral* dan *Diferential* masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sistem, menggunakan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Pengendali PID menghitung error sebagai perbedaan antara *variable* proses yang di ukur dan set point yang diinginkan. Pengendali PID mencoba untuk meminimalkan kesalahan dengan menyesuaikan input proses kontrol. Adapun diagram blok secara umum dari pengendali PID ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 diagram blok pengendali PID (<https://id.wikipedia.org/wiki/PID>)

Perhitungan pengendali PID melibatkan tiga parameter yaitu *Proportional, Integral* dan

*Diferential*. Dengan tuning tiga parameter dalam algoritma pengendali PID, *Controller* dapat memberikan aksi kontrol yang dirancang untuk kebutuhan proses tertentu. Dalam waktu kontinyu, sinyal keluaran pengendali PID dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \quad (1)$$

Keterangan :

$u(t)$  = Sinyal keluaran pengendali PI

$K_p$  = Konstanta *Proporsional*

$K_i$  = Konstanta Integral

$K_d$  = Konstanta Turunan

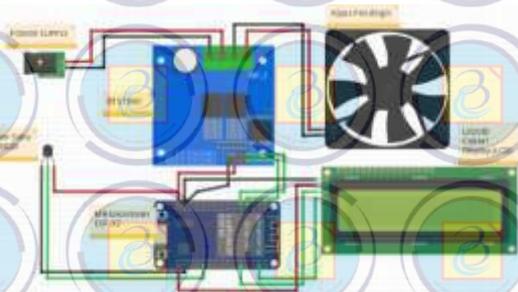
$e(t)$  = Sinyal Keluaran

Karakteristik pengendali PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter atau konstanta pengendali ( $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ ). Penyetelan  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing pengendali. Secara umum langkah yang harus ditempuh dalam perancangan suatu desain kontrol PID adalah menentukan nilai parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$ . Penggabungan antara kontrol *Proportional*, *Integral* dan *Differential* pada sistem kendali PID memiliki tujuan tertentu. Kontrol *Proportional* yang unggul dalam *rise time* yang cepat, kontrol *integral* yang dapat menghilangkan *error* dan kontrol *diverential* yang dapat meredam *overshoot*.

## II. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem yang dilakukan adalah mengenai pembuatan pengendali suhu pada generator set. Dalam perancangan sistem akan dibahas mengenai perancangan perangkat keras (*hardware*) dan juga perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras menjelaskan tentang pembuatan rangkaian alat secara keseluruhan sedangkan perancangan perangkat lunak terdiri dari pembuatan *algoritma* dan *flowchart* program yang akan ditanamkan pada mikrokontroler ESP-32 terlihat pada Gambar 2 perancangan perangkat lunak.

### A. Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 2. Perancangan perangkat lunak

Keterangan dari gambar 2 sebagai berikut :

- **Power Suply**, merupakan alat yang digunakan untuk memberikan tegangan dan arus kepada komponen lainnya. Power supply yang digunakan dalam tugas akhir ini mempunyai tegangan DC sebesar 12 Volt dan arus sebesar 30 A.

- **Microcontroller**, dalam tugas akhir ini merupakan alat untuk menerima hasil pembacaan suhu yang dibaca oleh sensor suhu, mikrokontroler esp-32 setelah di program dengan algoritma PID dan PWM berfungsi untuk memerintahkan BTS7960 agar memutar kipas pendingin jika suhu yang dibaca sudah melebihi dari setpoint yang ditentukan

- **Sensor Suhu**, merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi suhu pada generator set, ketika suhu mencapai lebih dari 57 °C dan 70 °C, maka sistem pendingin akan bekerja. Dalam tugas akhir ini menggunakan sensor suhu DS18B20.

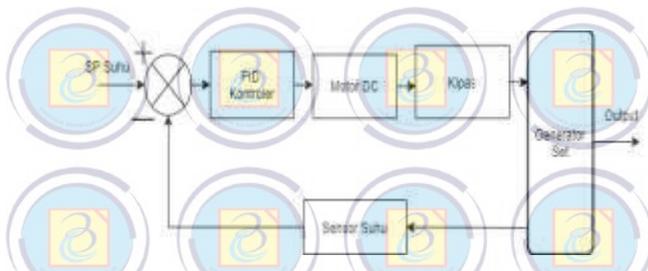
- **BTS 7960** dalam tugas akhir ini mempunyai fungsi sebagai rangkaian penguat arus serta tegangan yang akan dialirkan menuju kipas pendingin. Bts 7960 mempunyai mempunyai input voltage sebesar 6 volt – 27 Volt, arus maksimum sebesar 43A.

- **Kipas Pendingin** dalam tugas akhir ini mempunyai fungsi sebagai mendinginkan suhu pada generator set jika sudah melewati *setpoint* dengan cara menghembuskan udara. Kipas ini dihidupkan dengan tegangan DC 12 Volt, arus maksimum 37A, berdiameter 10 inch.

- **LCD (Liquid Crystal Display)** dalam tugas akhir ini mempunyai fungsi untuk melihat suhu yang sedang terukur. LCD mempunyai input voltage 3 – 5,5 Volt, 16 x 2 karakter.

### B. Prinsip Kerja Sistem

Prinsip kerja sistem dari alat ini yaitu dirancang menggunakan metode PID (*Proportional Integral Derivative*). Struktur yang digunakan yaitu PID paralel karena struktur ini mempercepat kenaikan sistem dan meredam *overshoot*. Pada awal sistem dilakukan inialisasi kemudian sistem mulai membaca suhu aktual. Setelah itu melakukan input *setpoint* yaitu 57°C dan 70°C, serta nilai  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ . Lalu sensor suhu membaca suhu generator set dan ditampilkan pada LCD 16 x 2 kemudian jika suhu sudah melebihi *setpoint* maka dilakukan menghitung *error* dengan algoritma PID pada mikrokontroler ESP-32 yang sudah diprogram lalu menghasilkan *output* PID yaitu PWM. *Output* tersebut akan diterima oleh BTS 7960 untuk memberikan penguat tegangan serta arus untuk memutar kipas pendingin agar mendinginkan generator set terlihat pada Gambar 3 merupakan diagram blok kinerja sistem.



Gambar 3. Diagram blok kinerja sistem

### C. Perancangan Mekanik

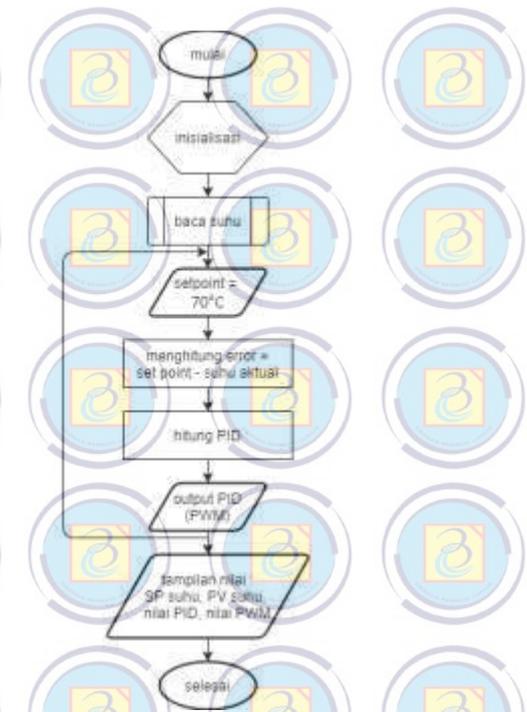
Perancangan mekanik pada tugas akhir ini dirancang desain generator set yang digunakan dengan memiliki Panjang sebesar 72cm, Lebar 48cm dan Tinggi 45cm. Kemudian pada bagian rangka genset sebelah kanan terdapat *Box Panel* yang berguna untuk menempatkan alat pada perancangan perangkat lunak seperti BTS7960, *Power Supply*, LCD, dan Mikrokontroler ESP-32. Lalu pada bagian blok mesin atau *Crankcase* diletakan sensor suhu ds18b20 guna untuk membaca suhu yang dihasilkan pada komponen tersebut. Dengan tempat yang tidak jauh beda yaitu dibawah *Crankcase* diletakan kipas pendingin dengan diameter 10 inch yang akan menghembuskan udara untuk mendinginkan generator set. *Design* Mekanik generator set bisa dilihat pada Gambar 4.



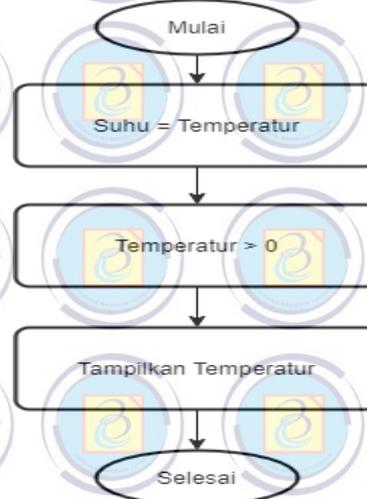
Gambar 4 Design Mekanik Generator Set

### D. Diagram Alir sistem

Diagram alir keseluruhan sistem menggambarkan tentang berjalannya sebuah sistem dalam tugas akhir ini. Terlihat pada Gambar 5 merupakan diagram alir sistem keseluruhan dan pada Gambar 6 sub program baca suhu pada diagram alir sistem keseluruhan.



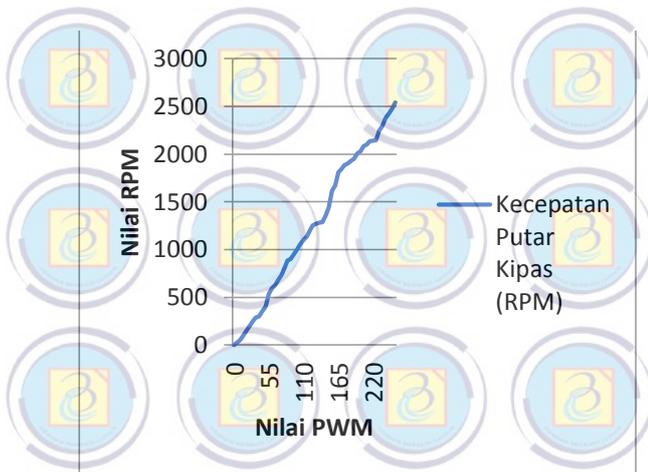
Gambar 5. Diagram blok kinerja sistem



Gambar 6. Sub program baca suhu

## III. HASIL DAN ANALISA

Pengujian sistem aktuator adalah pengujian yang hanya berfokus pada driver yaitu bts 7960 dan kipas pendingin. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik perubahan kecepatan putar kipas terhadap perubahan input PWM yang diberikan ke driver untuk mendinginkan suhu generator set. Cara pengujian yaitu diberikan perubahan sinyal PWM secara bertahap dengan nilai berkelipatan lima (5) dan melakukan pengamatan serta pengukuran kecepatan putaran kipas dengan menggunakan sensor rpm infrared. Nilai PWM yang diberikan yaitu dimulai dari (0 – 255) terlihat pada Gambar 7 grafik pengujian sistem aktuator.



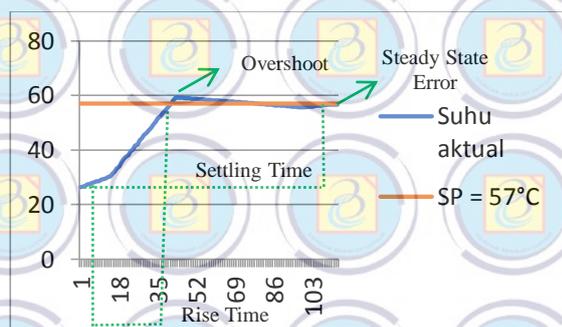
Gambar 7. Grafik pengujian sistem aktuator

Terlihat pada Gambar 7 nilai rpm akan semakin kencang seiring dengan kenaikan nilai pwm kemudian didapatkan kecepatan putar (rpm) pada nilai pwm maksimal yaitu 255 sebesar 2541 rpm. Kemudian kecepatan putar tersebut dari nilai kecepatan pelan sampai dengan kecepatan kencang yang akan berupaya untuk mendinginkan suhu genset yang sudah melebihi *setpoint* yaitu 57°C dan 70°C.

Pengujian keseluruhan ini bertujuan untuk mengetahui sistem kerja pengendalian suhu pada generator set menggunakan sistem kendali PID. Pengujian ini dibagi menjadi dua yaitu pengujian keseluruhan sistem tanpa menggunakan beban pada generator set dengan *setpoint* 57°C serta nilai  $K_p=2$ ,  $K_i=5$ ,  $K_d=1$  dan pengujian keseluruhan sistem dengan menggunakan beban pada generator set berupa lampu halogen 2 unit masing – masing lampu memiliki daya sebesar 1000 Watt berarti total daya yang digunakan sebesar 2000 Watt, dengan *setpoint* 70°C serta nilai  $K_p=3$ ,  $K_i=2$ ,  $K_d=2$ .

#### A. Pengujian keseluruhan Sistem tanpa menggunakan beban pada generator set

Pengujian keseluruhan sistem tanpa menggunakan beban pada generator set bertujuan untuk mengetahui dengan *setpoint* 57°C serta nilai  $K_p=2$ ,  $K_i=5$ ,  $K_d=1$  apakah mampu untuk menurunkan suhu genset disaat generator set sedang bekerja. Hasil pengujian keseluruhan tanpa menggunakan beban ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Respon Sistem Pengujian Tanpa Beban Pada Generator Set.

Berdasarkan Gambar 8 dengan waktu pengujian selama 114 detik dan *setpoint* 57°C serta nilai  $K_p=2$ ,  $K_i=5$ ,  $K_d=1$  dapat dianalisa :

*Rise Time* adalah satuan waktu yang diperlukan untuk naik dari 5% - 95% berdasarkan dari grafik selama 35 detik.

*Overshoot* adalah perbandingan selisih antara suhu maksimum dengan *setpoint* (dalam persen). Berdasarkan dari grafik dengan memberikan *setpoint* sebesar 57°C maka didapatkan suhu maksimum 59,81°C, dengan begitu dapat dihitung *overshoot* dengan Persamaan 2 :

$$Overshoot = \frac{Suhu\ Maksimum - Setpoint}{setpoint} \times 100 \quad (2)$$

Dengan mengambil data berdasarkan Gambar 8, didapatkan suhu maksimum dan *input setpoint* yang diberikan maka nilai *overshoot* pada pengujian dapat dihitung berdasarkan sebagai berikut :

$$Overshoot = \frac{Suhu\ Maksimum - Setpoint}{Setpoint} \times 100 \quad (3)$$

$$Overshoot = \frac{59,81 - 57}{57} \times 100$$

$$Overshoot = \frac{2,81}{57} \times 100$$

$$Overshoot = 4,93\%$$

*Settling Time* adalah waktu yang diperlukan transien osilasi kurang lebih 2% dari harga keadaan tunak. Berdasarkan Gambar 8 didapatkan dapat dianalisa *settling time* yaitu selama 109 detik.

*Steady State Error* adalah selisih nilai akhir dengan *setpoint*, berdasarkan Gambar 8 dengan *input setpoint* sebesar 57°C dan dilakukan pengujian selama 114 detik didapatkan suhu akhir tersebut sebesar 56,56°C. maka dapat dicari *steady state error* dengan persamaan :

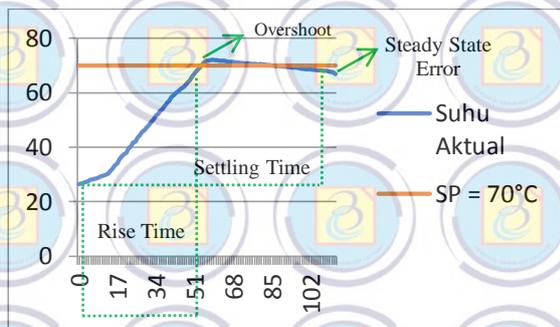
$$Steady\ State\ Error = Setpoint - Suhu\ Akhir \quad (4)$$

$$Steady\ State\ Error = 57^\circ C - 56,56^\circ C$$

$$Steady\ State\ Error = 0,44^\circ C$$

#### B. Pengujian sistem dengan beban pada generator set

Pengujian sistem dengan menggunakan beban pada generator set bertujuan untuk mengetahui sistem apakah mampu menurunkan suhu genset disaat generator set sedang bekerja dengan *setpoint* 70°C serta nilai  $K_p=3$ ,  $K_i=2$ ,  $K_d=2$  dan beban yang digunakan yaitu dua buah lampu halogen 2 unit masing – masing lampu memiliki daya sebesar 1000 Watt berarti total daya yang digunakan sebesar 2000 Watt. Hasil pengujian keseluruhan dengan menggunakan beban ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Respon Sistem Pengujian Dengan Menggunakan Beban Pada Generator Set.

Berdasarkan Gambar 9 dengan waktu pengujian selama 119 detik dan *setpoint* 70°C serta nilai  $K_p=3$ ,  $K_i=2$ ,  $K_d=2$  dapat dianalisa :

*Rise Time* adalah satuan waktu yang diperlukan untuk naik dari 5% - 95% berdasarkan dari grafik selama 47 detik.

*Overshoot* adalah perbandingan selisih antara suhu maksimum dengan *setpoint* (dalam persen). Berdasarkan dari grafik dengan memberikan *setpoint* sebesar 70°C maka didapatkan suhu maksimum 72,06°C, dengan begitu dapat dihitung *overshoot* dengan Persamaan 5 :

$$\text{Overshoot} = \frac{\text{Suhu Maksimum} - \text{Setpoint}}{\text{setpoint}} \times 100 \quad (5)$$

Dengan mengambil data berdasarkan Gambar 9, didapatkan suhu maksimum dan *input setpoint* yang diberikan maka nilai *overshoot* pada pengujian dapat dihitung berdasarkan sebagai berikut :

$$\text{Overshoot} = \frac{\text{Suhu Maksimum} - \text{Setpoint}}{\text{Setpoint}} \times 100 \quad (6)$$

$$\text{Overshoot} = \frac{72,06 - 70}{70} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = \frac{2,06}{70} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = 2,94\%$$

*Settling Time* adalah waktu yang diperlukan transien osilasi kurang lebih 2% dari harga keadaan tunak. Berdasarkan Gambar 9 didapatkan dapat dianalisa *settling time* yaitu selama 114 detik.

*Steady State Error* adalah selisih nilai akhir dengan *setpoint*, berdasarkan Gambar 9 dengan *input setpoint* sebesar 70°C dan dilakukan pengujian selama 119 detik didapatkan suhu akhir tersebut sebesar 67,69°C. maka dapat dicari *steady state error* dengan persamaan :

$$\text{Steady State Error} = \text{Setpoint} - \text{Suhu Akhir} \quad (7)$$

$$\text{Steady State Error} = 70^\circ\text{C} - 67,69^\circ\text{C}$$

$$\text{Steady State Error} = 2,31^\circ\text{C}$$

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian tanpa beban pada set point 57 °C dengan nilai variabel  $K_p=2$ ,  $K_i=5$ ,

$K_d=1$  didapatkan respon sistem *rise time* sebesar 35 detik, *overshoot* sebesar 2,19 °C, *settling time* sebesar 109 detik, *steady state error* sebesar 0,44 °C. Kemudian pada hasil dengan menggunakan beban pada set point 70 °C dengan nilai variabel  $K_p=3$ ,  $K_i=2$ ,  $K_d=2$  didapatkan respon sistem *rise time* sebesar 47 detik, *overshoot* sebesar 2,06 °C, *settling time* sebesar 114 detik, *steady state error* sebesar 2,31°C.

#### REFERENSI

- [1] M. W. Firdaus, M. A. Murti, and R. Nugraha, "Sistem Kontrol Dan Monitoring Genset Melalui Internet," *eProceedings Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 36–42, 2016.
- [2] Asep Saepuloh Yayan Andriyanto, "Optimasi Performa Genset," *OPTIMASI PERFORMA GENSET SEBAGAI CATU DAYA DARURAT DIRSG-GAS*, vol. XIV, no. 1, 2017.
- [3] Z. Yarva, "Pengendalian suhu dengan metode pid pada alat penetas telur," vol. 2, no. 2, pp. 493–501, 2019.
- [4] A. N. Sandrayanto and K. F. Mauladi, "Sistem Pakar Diagnosa Overheating Pada Kendaraan Bersistem Pendingin Air (Liquid Cooling System)," *J. Tek.*, vol. 9, no. 1, p. 6, 2017.
- [5] A. Megido and E. Ariyanto, "Sistem Kontrol Suhu Air Menggunakan Pengendali Pid. Dan Volume Air Pada Tangki Pemanas Air Berbasis Arduino Uno," *Gema Teknol.*, vol. 18, no. 4, p. 21, 2016.
- [6] a Mashuri and D. Darjat, "Perancangan Sistem Pengendalian Suhu Dan Akuisisi Data Tingkat Kelembaban Pada Mesin Pengering Kertas Berbasis Kendali Logika Fuzzy," *Makal. Semin. Tugas Akhir. Oleh Ahmad Mashuri*, pp. 1–10, 2011.
- [7] A. ; ahmad D.; F. R. Najdmurrokhman, "Pengendalian suhu secara elektronis pada mesin sintering furnace berbasis thyristor," *Pengendali. suhu secara Elektron. pada mesin Sinter. Furn. Berbas. thyristor*, 2007.
- [8] D. Akbar, Purwanto, and Rahmadwati, "Sistem Pengendalian Suhu Pada Alat Pengering Cengkeh Menggunakan Kontroler PID," *Publ. Ilm.*, 2015.
- [9] O. Janrizky, A. Pangabea, and A. R. Firdaus, "Sistem Pengaturan Suhu Air Menggunakan Kendali PID."
- [10] J. SUGIHATMOKO, "Inkubator Bayi Prematur Berbasis Mikrokontroler," 2015.