

# PERANCANGAN SISTEM KENDALI SUHU PADA OVEN LISTRIK HEMAT ENERGI DENGAN METODE KONTROL *ON-OFF*

Ari Purnomoaji\*), Abdul Syakur dan Agung Warsito

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

*\*)E-mail: aripurnomoaji7@gmail.com*

## Abstrak

Pada era ini kita membutuhkan peralatan elektronik yang hemat dan efisien, contohnya oven. Dalam oven terdapat elemen pemanas dan sistem pengendalian suhu. Sistem pengendalian suhu yang digunakan harus bekerja sesuai dengan suhu referensi yang ingin dicapai. Oleh karena itu dibutuhkan metode kontrol yang baik untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pada Penelitian ini dirancang kendali suhu pada oven listrik dengan menggunakan sensor thermocouple tipe-K dan mikrokontroler Arduino Nano sebagai otak pengendalian utama. Metode kontrol yang digunakan untuk mengendalikan suhu pada oven listrik adalah on-off dengan memanfaatkan relay sebagai aktuator. Pada Penelitian ini menggunakan referensi suhu yaitu 40°C, 60°C dan 80°C. Hasil pengujian metode kontrol on-off terhadap sepuluh pengujian dengan variasi pemanas dan suhu yaitu mampu menghasilkan keluaran suhu sesuai dengan variasi referensi suhu yang diberikan meskipun masih berosilasi.

*Kata kunci: Sistem kendali suhu, Thermocouple tipe-k, Arduini Nano, metode kontrol on-off*

## Abstract

In this era we need efficient electronic equipment, for example ovens. In the oven there is a heating element and a temperature control system. The temperature control system used must work according to the temperature of the reference to be achieved. Therefore, a good control method is needed to get optimal results. In this Final Project, temperature control is designed on an electric oven using a K-type thermocouple sensor and Arduino Nano microcontroller as the main control brain. The control method used to control the temperature in an electric oven is on-off by utilizing a relay as an actuator. In this Final Project uses a reference temperature of 40 ° C, 60 ° C and 80 ° C. The test results of the on-off control method on ten tests with heating and temperature variations are able to produce temperature output in accordance with the given temperature reference variation even though it is still oscillating.

*Keywords: Temperature control system, Thermocouple type-k, Arduini Nano, on-off control method*

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan hidup manusia pada saat ini semakin kompleks, sehingga untuk membantu kehidupan sehari-hari diperlukan teknologi yang praktis, murah dan aman. Kemajuan teknologi ini tentunya tidak hanya bertujuan untuk teknologi itu sendiri melainkan yang lebih penting adalah untuk kesejahteraan manusia. Salah satunya pemanfaatannya adalah dalam bidang industri. Pada salah satu industri yaitu proses pemanggangan ikan. Maka diperlukan suatu alat pemanggang (*oven*) yang bersifat aman, hemat dan ramah lingkungan [1].

*Oven* adalah alat yang digunakan untuk mengeringkan suatu bahan basah menjadi bahan kering agar dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama. Proses pengeringan dengan *oven* menggunakan media yang dapat menampung suhu panas secara konstan sehingga bisa mendapatkan hasil pembakaran yang sempurna [2].

Sistem pengontrolan temperatur memegang peranan penting untuk mengendalikan suhu pada suatu level yang diinginkan. Sistem kendali atau *control system* adalah susunan komponen fisika yang dihubungkan sedemikian rupa sehingga membentuk suatu kesatuan utuh yang fungsinya untuk mengatur, memerintah sistem itu sendiri atau sistem lainnya [3]. Untuk itu diperlukan suatu sistem kontrol yang dapat mempertahankan kondisi tersebut. Salah satu metode pengontrolan adalah proses pengendalian *on-off*.

Proses pengendalian *on-off* dapat diterapkan pada *oven* listrik. Kontrol *on-off* adalah metode kontrol yang sederhana. Pada kontrol *on-off*, kontroler berfungsi sebagai saklar yang diaktifkan oleh sinyal galat sehingga menghasilkan aksi kontrol diskontinu berupa sinyal *step*. Sehingga nilai besaran kontrol pada metode kontrol *on-off* akan berosilasi di sekitar nilai *set point* [4]. Untuk kontrol

pemanas, output on bila temperatur dibawah titik set, dan off bila temperatur di atas titik set. Bila oven lebih dingin dari temperatur titik set maka pemanas dikembalikan pada daya maksimum, dan bila oven lebih panas dari temperatur titik set maka pemanas dialihkan ke keadaan off [5].

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan metode terbaik dalam pemanasan dan hemat energi. Dengan membandingkan respons sistem dengan metode kontrol on-off pada pemanas resistif dan pemanas induksi.

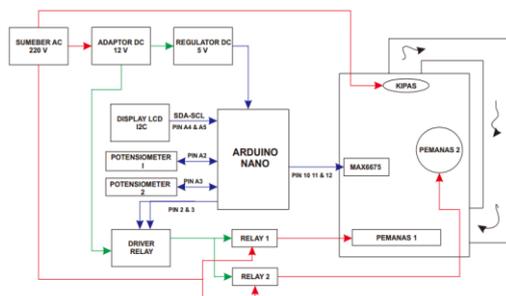
Tujuan dari Penelitian ini adalah menerapkan oven listrik hemat energi dan ramah lingkungan dengan pengontrolan on-off berbasis Arduino Nano. Keluaran dari pengontrolan akan mengatur tegangan yang diberikan kepada kedua pemanas sehingga suhu dari oven listrik dapat dikendalikan.

## 2. Metode

Oven listrik dengan pengontrolan suhu menggunakan metode kontrol on-off dalam Penelitian ini dibagi menjadi sistem elektronik dan perancangan perangkat lunak. Perancangan sistem elektronik meliputi perancangan catu daya, perancangan mikrokontroler Arduino Nano, perancangan sensor suhu MAX 6675, perancangan potensiometer, perancangan LCD, perancangan driver relay dan heater, serta perancangan perangkat lunak. Pada perancangan perangkat lunak meliputi algoritma dan diagram alir oven listrik, dan perancangan program sistem mikrokontroler Arduino Nano.

### 2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras berisikan blok diagram perancangan perangkat keras pengontrolan suhu dengan Arduino Nano. Blok diagram perancangan perangkat keras secara keseluruhan adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Perangkat keras dirancang untuk membentuk oven listrik dengan menggunakan metode kontrol on-off.



Gambar 1. Blok Diagram Rancangan Perangkat Keras Sistem

Spesifikasi perancangan perangkat keras dari sistem oven listrik ini terdiri dari:

- Oven listrik sebagai plant utama untuk menaruh ikan dan sebagai tempat sirkulasi udara. Didalamnya terdiri dari pemanas 1 dan 2, kipas pemanas, dan sensor MAX667
- Kipas 1 (heater) sebagai penyebar aliran udara pada ruangan pemanas sehingga panas didalam oven listrik akan merata.
  - Daya : 21 Watt
  - Tegangan : 220-240 V
  - Frekuensi : 50 Hz
  - Arus : 0.14 A
- Mikrokontroler Arduino Nano digunakan sebagai unit kontroler untuk pemrosesan kontrol on-off dan penentu operasi yang dijalankan sistem
- LCD (liquid crystal display) dan driver I2C LCD berfungsi sebagai media tampilan selama proses pengendalian berlangsung.
- Sensor MAX6675 adalah sensor pendeteksi suhu ruangan oven, kemudian data suhu dikirim ke mikrokontroler yang akan digunakan sebagai umpan balik dari sistem kendali on-off, kemudian datanya ditampilkan ke LCD.
- Catu daya sebagai sumber daya bagi semua komponen yang digunakan.
- Potensiometer digunakan sebagai masukan sistem adalah besarnya suhu oven oven listrik yang diinginkan dalam satuan celcius sebagai set point
- Driver Relay sebagai rangkaian yang berfungsi untuk mengendalikan relay agar panas yang timbul sesuai dengan masukkan.

### 2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan software pada penelitian ini berisikan algoritma beserta diagram alir keseluruhan dan prosedur program metode kontrol on-off dalam oven listrik. Pada mikrokontroler Arduino Nano dan sensor yang diprogram menggunakan bahasa C++ dengan program Arduino IDE (Integrated Development Environment) pada sistem komunikasi, perangkat komunikasi digunakan sebagai media penghubung antara mikrokontroler ke Interface dengan program arduino.

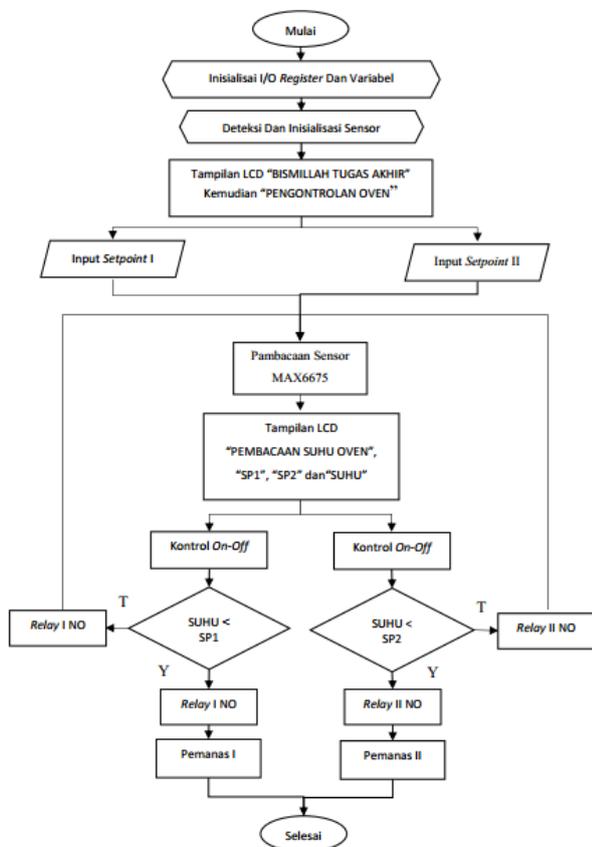
#### 2.2.1. Algoritma dan Diagram Alir Oven listrik

Perancangan dari algoritma dan diagram alir oven listrik digunakan sebagai dasar alur dari sistem yang akan digunakan. algoritma perangkat lunak dari oven listrik adalah sebagai berikut:

- Mulai.
- Inisialisai I/O register dan variabel.
- Deteksi dan inisialisasi sensor MAX6675
- Tampilan LCD "BISMILLAH PENELITIAN" kemudian "PENGONTROLAN OVEN"
- Kipas menyala setelah inisialisasi
- Pembacaan suhu oleh sensor suhu MAX6675
- Proses penentuan data parameter kontrol setpoint I dengan memutar potensiometer I

8. Proses penentuan data parameter kontrol *setpoint* II dengan memutar potensiometer II
9. Tampilan LCD “PEMBACAAN SUHU OVEN”, “SP1: (*setpoint* I)”, “SP2: (*setpoint* II)”, “SUHU: (suhu terbaca)”,
10. Proses pengukuran suhu
11. Sistem kontrol *on-off* bekerja
12. Jika suhu terbaca memiliki nilai dibawah nilai *setpoint* maka sistem kontrol berada pada kondisi *ON* sehingga *relay* akan dalam keadaan *NC*
13. Pemanas berkerja memanaskan *oven*
14. Jika suhu terbaca I maupun II memiliki nilai diatas nilai *setpoint* maka sistem kontrol berada pada kondisi *OFF* sehingga *relay* akan dalam keadaan *NO*
15. Pemanas berhenti memanaskan *oven*
16. Sistem akan *close loop* dan kembali pada proses pengukuran suhu
17. Selesai

Diagram alir *oven* yang ditunjukkan oleh Gambar 2. sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir *Oven*

### 2.2.2. Perancangan Kontrol ON-OFF

Dalam sistem kendali *on-off*, sistem mempunyai dua keadaan yaitu *on* dan *off*. Karena nya hasil pengendalian kendali *on-off* akan menyebabkan *process variable* yang

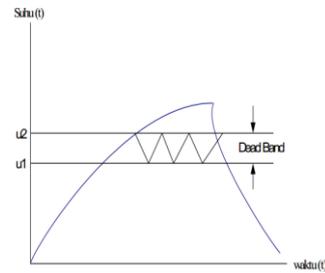
bergelombang [6]. Sinyal keluaran kontroler adalah  $u(t)$  dan sinyal pembangkit kesalahan (*dead band*) adalah  $e(t)$ . Pada kendali *on-off*, sinyal  $u(t)$  akan tetap pada salah satu nilai maksimum atau minimum tergantung pada sinyal pembangkit kesalahan positif atau negatif sedemikian rupa sehingga:

$$u(t) = u_1 \text{ untuk } e(t) > 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$u(t) = u_2 \text{ untuk } e(t) < 0 \dots\dots\dots(2)$$

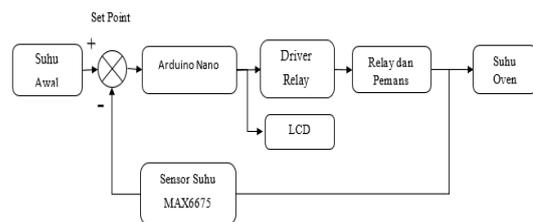
$u_1$  dan  $u_2$  adalah konstan. Harga minimum  $u_2$  biasanya nol atau  $-u_1$  [7].

Dalam beberapa hal *dead band* terjadi sebagai akibat adanya penghalang yang tidak diinginkan dan gerakan yang hilang, namu sering juga hal ini dimaksudkan untuk mencegah operasi yang berulangulng dari mekanisme *on-off* [8]. Gambar 3. menunjukkan kurva suhu ( $t$ ) terhadap waktu ( $t$ ) sistem kendali *on-off*.



Gambar 3. Kurva suhu ( $t$ ) terhadap Waktu ( $t$ ) Sistem Kendali *on-off*

Pada Penelitian ini menggunakan kerja kendali *on-off* dengan memanfaatkan *adjustable dead band* yang ada pada *temperature switch* dan *pressure switch*. Nilai *setpoint* ditentukan pada suhu tertentu kemudian dilakukan kendali *on-off* sehingga membuat nilai *setpoint* berada diantara nilai  $u_1$  dan  $u_2$ . Suhu akan berada didalam *dead band* karena ketika suhu melewati *setpoint* maka *relay* akan *ON* dan mematikan pemanas. Kondisi tersebut akan membuat suhu pada nilai  $u_1$ . Selanjutnya ketika suhu dibawah *setpoint* maka *relay* akan *OFF* dan pemanas akan kembali bekerja. Diagram blok sistem kendali *on-off* pada *oven* listrik ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Diagram Blok Sistem Kendali *On-Off* pada *Oven Listrik*

Pada perancangan Penelitian ini kendali *on-off* digunakan

untuk mengatur suhu pada oven listrik sesuai dengan referensi yang diinginkan yaitu 40°C , 60°C dan 80°C.

### 3. Hasil dan Analisis

#### 3.1. Pengujian Perangkat Keras

##### 3.1.1. Pengujian Sensor MAX6675

Pengujian sensor MAX6675 dilakukan dengan membandingkan suhu yang terbaca oleh sensor dengan suhu yang terbaca oleh termometer digital. Dari perbandingan tersebut didapat Hasil pengujian sensor suhu MAX6675 ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sensor Suhu MAX6675

No	Sensor Suhu MAX6675 Pertama (°C)	Suhu Termometer (°C)	Error  (°C)
1	26,39	26,3	0,09
2	30,44	30,3	0,14
3	39,03	38,9	0,13
4	59,92	59,8	0,12
5	76,37	76,2	0,17
Error  rata-rata			0,13

Dari data pada Tabel 1. dapat dilihat bahwa dari lima kali pengambilan data antara pembacaan sensor MAX6675 dengan termometer digital didapatkan |Error| rata-rata sebesar 0,13°C

##### 3.1.2. Pengujian Relay

Program dari Arduino Nano yang diberikan pada driver relay kemudian di gunakan untuk mengaktifkan dan mematikan relay pada pemanas, berdasarkan nilai suhu yang terbaca oleh sensor MAX6675 jika nilai suhu nya dibawah batas atas setpoint maka relay akan tertutup (NC) dan pemanas akan hidup kemudian jika suhu nya lebih dari setpoint maka relay akan terbuka (NO) dan pemanas akan mati. Pada algoritma pemograman, kondisi relay akan hidup dalam kondisi LOW dan akan mati dalam kondisi HIGH. Pada kondisi LOW , LED warna hijau pada relay akan menyala dan menunjukkan relay sedang aktif. Gambar 5. menunjukkan pengujian relay pemanas.



Gambar 5. Pengujian Relay Pemanas

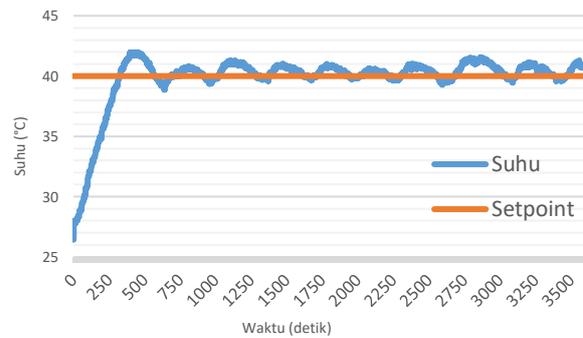
#### 3.2. Pengujian Respon Sistem Kontrol On-Off

Pengujian kontrol on-off dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari kontrol on-off dalam mencapai setpoint

suhu yang diinginkan. Pengujian kontrol on-off dapat dibagi menjadi sepuluh pengujian dengan variasi pemanas dan suhu

##### 3.2.1. Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Resistif Berbahan Kanthal pada Setpoint Suhu 40°C

Pengujian respon sistem pada setpoint suhu 40°C dilakukan dengan mengirimkan setpoint suhu 40°C melalui potensiometer I. Pengujian ini dilakukan pada kondisi suhu awal oven sebesar 26,43°C.



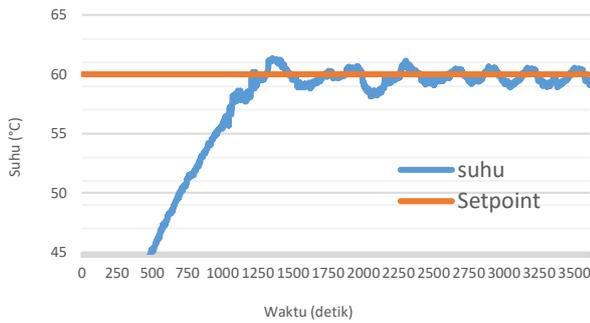
Gambar 6. Hasil Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Resistif Berbahan Kanthal pada Setpoint Suhu 40°C

Gambar 6. menunjukkan hasil pengujian respon sistem pada pemanas resistif berbahan Kanthal pada setpoint suhu 40°C. Berdasarkan hasil pengujian respon sistem dapat dilihat bahwa kontrol on-off mampu mencapai dan mempertahankan keluaran suhu sesuai dengan setpoint 40°C dengan tanggapan respon untuk waktu tunda (Td) sebesar 145 detik, waktu naik (Tr) sebesar 324 detik, waktu puncak (Tp) sebesar 438 detik, dan maximum overshoot (Mp) sebesar 4,95 % (1,98°C).

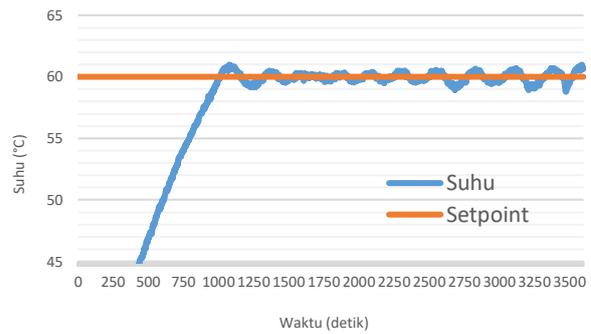
##### 3.2.2. Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Resistif Berbahan Kanthal pada Setpoint Suhu 60°C

Pengujian respon sistem pada setpoint suhu 60°C dilakukan dengan mengirimkan setpoint suhu 60°C melalui potensiometer I. Pengujian ini dilakukan pada kondisi suhu awal oven sebesar 26,42°C.

Gambar 7. menunjukkan hasil pengujian respon sistem pada pemanas resistif berbahan Kanthal pada setpoint suhu 60°C. Berdasarkan hasil pengujian respon sistem dapat dilihat bahwa kontrol on-off mampu mencapai dan mempertahankan keluaran suhu sesuai dengan setpoint 60°C dengan tanggapan respon untuk waktu tunda (Td) sebesar 434 detik, waktu naik (Tr) sebesar 1208 detik, waktu puncak (Tp) sebesar 1365 detik, dan maximum overshoot (Mp) sebesar 2,15 % (1,29°C).



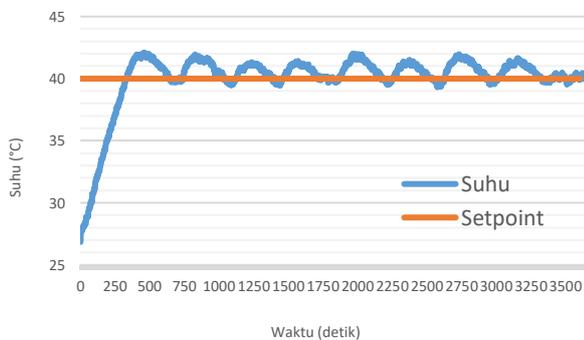
Gambar 7. Hasil Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Resistif Berbahan *Kanthal* pada *Setpoint* Suhu 60°C



Gambar 9. Hasil Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Resistif Berbahan *Nichrome* pada *Setpoint* Suhu 60°C

### 3.2.3. Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Resistif Berbahan *Nichrome* pada *Setpoint* Suhu 40°C

Pengujian respon sistem pada *setpoint* suhu 40°C dilakukan dengan mengirimkan *setpoint* suhu 40°C melalui potensiometer I. Pengujian ini dilakukan pada kondisi suhu awal oven sebesar 26,4°C.



Gambar 8. Hasil Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Resistif Berbahan *Nichrome* pada *Setpoint* Suhu 40°C

Gambar 8. menunjukkan hasil pengujian respon sistem pada pemanas resistif berbahan *Nichrome* pada *setpoint* suhu 40°C Berdasarkan hasil pengujian respon sistem dapat dilihat bahwa kontrol *on-off* mampu mencapai dan mempertahankan keluaran suhu sesuai dengan *setpoint* 40°C dengan tanggapan respon untuk waktu tunda (*Td*) sebesar 149 detik, waktu naik (*Tr*) sebesar 331 detik, waktu puncak (*Tp*) sebesar 458 detik, dan *maximum overshoot* (*Mp*) 4,975 % (1,99°C).

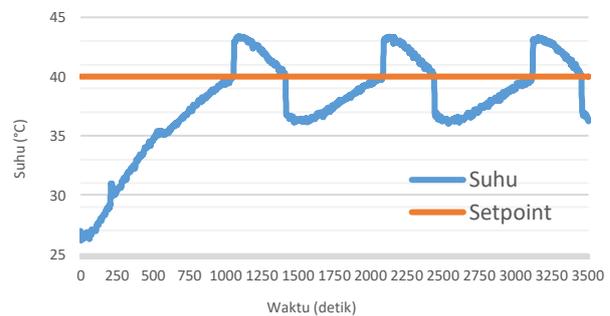
### 3.2.4. Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Resistif Berbahan *Nichrome* pada *Setpoint* Suhu 60°C

Pengujian respon sistem pada *setpoint* suhu 60°C dilakukan dengan mengirimkan *setpoint* suhu 60°C melalui potensiometer I. Pengujian ini dilakukan pada kondisi suhu awal oven sebesar 26.8°C.

Pada Gambar 9. menunjukkan hasil pengujian respon sistem pada pemanas resistif berbahan *Nichrome* pada *setpoint* suhu 60°C. Berdasarkan hasil pengujian respon sistem dapat dilihat bahwa kontrol *on-off* mampu mencapai dan mempertahankan keluaran suhu sesuai dengan *setpoint* 60°C dengan tanggapan respon untuk waktu tunda (*Td*) sebesar 398 detik, waktu naik (*Tr*) sebesar 1009 detik, waktu puncak (*Tp*) sebesar 1082 detik, dan *maximum overshoot* (*Mp*) sebesar 1,6 % (0,96°C).

### 3.2.5. Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Induksi pada *Setpoint* Suhu 40°C

Pengujian respon sistem pada *setpoint* suhu 40°C dilakukan dengan mengirimkan *setpoint* suhu 40°C melalui potensiometer II. Pengujian ini dilakukan pada kondisi suhu awal oven sebesar 26,37°C.

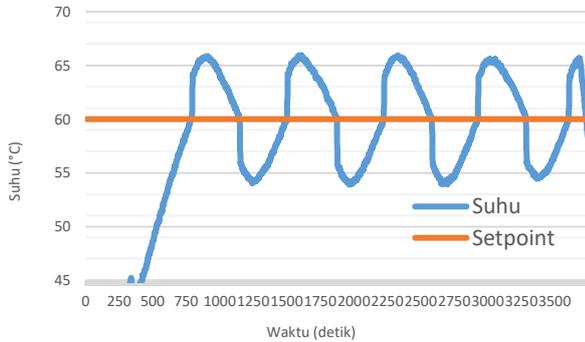


Gambar 10. Hasil Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Induksi pada *Setpoint* Suhu 40°C

Gambar 10. menunjukkan hasil pengujian respon sistem pada pemanas induksi pada *setpoint* suhu 40°C. Berdasarkan hasil pengujian respon sistem dapat dilihat bahwa kontrol *on-off* dengan *setpoint* 40°C memiliki tanggapan respon untuk waktu tunda (*Td*) sebesar 403 detik, waktu naik (*Tr*) sebesar 1049 detik, waktu puncak (*Tp*) sebesar 1094 detik, dan *maximum overshoot* (*Mp*) sebesar 8,55 % (3,42°C).

**3.2.6. Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Gabungan Pemanas Resistif Berbahan Nichrome dengan Pemanas Induksi pada pada Setpoint Suhu 60°C**

Pengujian respon sistem pada *setpoint* suhu 60°C dilakukan dengan mengirimkan *setpoint* suhu 60°C melalui potensiometer I dan II . Pengujian ini dilakukan pada kondisi suhu awal oven sebesar 26,54°C.



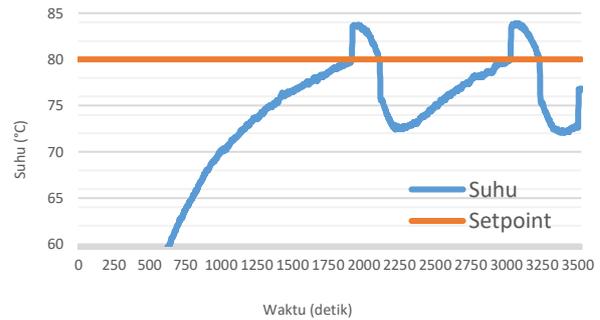
**Gambar 11. Hasil Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Gabungan Pemanas Resistif Berbahan Nichrome Dengan Pemanas Induksi Pada Setpoint Suhu 60°C**

Pada Gambar 11. menunjukkan hasil pengujian respon sistem pada pemanas gabungan pemanas resistif berbahan *nichrome* dengan pemanas induksi pada *setpoint* suhu 60°C. Berdasarkan hasil pengujian respon dapat dilihat bahwa kontrol *on-off* dengan *setpoint* 60°C memiliki tanggapan respon untuk waktu tunda ( $T_d$ ) sebesar 374 detik, waktu naik ( $T_r$ ) sebesar 780 detik, waktu puncak ( $T_p$ ) sebesar 904 detik, dan *maximum overshoot* ( $M_p$ ) sebesar 9,7 % (5,82°C).

**3.2.7. Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Gabungan Pemanas Resistif Berbahan Nichrome dengan Pemanas Induksi pada pada Setpoint Suhu 80°C**

Pengujian respon sistem pada *setpoint* suhu 80°C dilakukan dengan mengirimkan *setpoint* suhu 80°C melalui potensiometer I dan II. Pengujian ini dilakukan pada kondisi suhu awal oven sebesar 26,12°C.

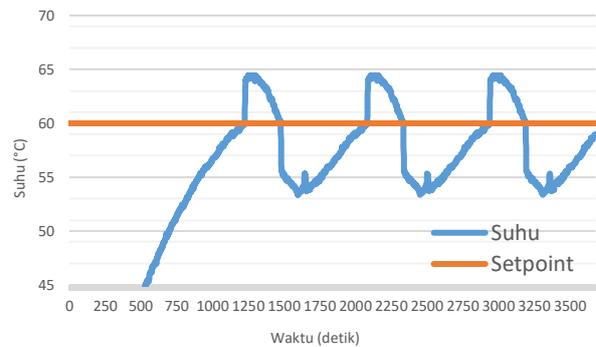
Gambar 12. menunjukkan hasil pengujian respon sistem pada pemanas gabungan pemanas resistif berbahan *nichrome* dengan pemanas induksi pada *setpoint* suhu 80°C. Berdasarkan hasil pengujian respon dapat dilihat tanggapan respon untuk waktu tunda ( $T_d$ ) sebesar 471 detik, waktu naik ( $T_r$ ) sebesar 1916 detik, waktu puncak ( $T_p$ ) sebesar 1964 detik, dan *maximum overshoot* ( $M_p$ ) sebesar 4,68 % (3,74°C).



**Gambar 12. Hasil Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Gabungan Pemanas Resistif Berbahan Nichrome Dengan Pemanas Induksi Pada Setpoint Suhu 80°C**

**3.2.8. Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Gabungan Pemanas Resistif Berbahan Kanthal dengan Pemanas Induksi pada pada Setpoint Suhu 60°C**

Pengujian respon sistem pada *setpoint* suhu 60°C dilakukan dengan mengirimkan *setpoint* suhu 60°C melalui potensiometer I dan II . Pengujian ini dilakukan pada kondisi suhu awal oven sebesar 25°C.



**Gambar 13. Hasil Pengujian Respon Sistem Pada Pemanas Gabungan Pemanas Resistif Berbahan Kanthal dengan Pemanas Induksi Pada Setpoint Suhu 60°C**

Gambar 13. menunjukkan hasil pengujian respon sistem pada pemanas gabungan pemanas resistif berbahan *kanthal* dengan pemanas induksi pada *setpoint* suhu 60°C. Berdasarkan hasil pengujian respon sistem dapat dilihat bahwa kontrol *on-off* dengan *setpoint* 60°C memiliki tanggapan respon untuk waktu tunda ( $T_d$ ) sebesar 470 detik, waktu naik ( $T_r$ ) sebesar 1227 detik, waktu puncak ( $T_p$ ) sebesar 1269 detik, dan *maximum overshoot* ( $M_p$ ) sebesar 7,36 % (4,42 °C).

Dari hasil pengujian respon sistem dengan variasi pemanas induksi dapat dilihat bahwa kontrol *on-off* bekerja dengan kurang baik dalam melakukan kontrol pada oven karena masih terjadi osilasi yang cukup besar. Osilasi tersebut

dikarenakan sensor MAX6675 yang terhubung oleh *thermocouple* terganggu pembacaannya. Gangguan tersebut disebabkan oleh induksi dari inverter berfrekuensi tinggi yang memberikan panas terhadap logam yang bersifat feromagnetik. *Thermocouple* tipe-K sendiri terbuat dari bahan nikel dan kromium pada sisi positif sedangkan sisi negatif negatif terdiri dari nikel dan aluminium. Kromium yang memiliki sifat feromagnetik terpengaruh sehingga memiliki panas sendiri. *Thermocouple* menggunakan efek *Seebeck* pada prinsip kerjanya dimana arus yang sangat kecil akan mengalir melalui dua *junction* yang memiliki perbedaan temperatur. Ketika salah satu *junction* dapat menghasilkan panas sendiri maka arus yang mengalir dan tegangan yang keluar akan berbeda sehingga mengganggu pembacaan perbandingan tegangan oleh MAX6675 yang menyebabkan pembacaan suhu menjadi tidak akurat.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang dilakukan pada perancangan pengontrolan suhu oven listrik menggunakan metode kontrol *on-off*. Diperoleh hasil pengujian sensor suhu didapatkan *error* rata-rata sebesar 0,13°C. Pada pengujian *relay* didapatkan driver relay telah sesuai dengan program yang diberikan. Pada pengujian pemanas resistif berbahan *kanthal* dan *nichrome* system kendali *on-off* telah bekerja dengan baik dan memiliki nilai deadband yang rendah. Sedangkan pada hasil pengujian respon sistem dengan variasi pemanas induksi dapat dilihat bahwa kontrol *on-off* bekerja dengan kurang baik dalam melakukan kontrol pada oven karena masih terjadi osilasi yang cukup besar yang disebabkan oleh induksi dari inverter berfrekuensi tinggi.

#### Referensi

- [1]. A. Nurhidayat, T. Mesin, U. Surakarta, K. Surakarta, and J. Barat, "Rekayasa Alat Pengering Untuk Meningkatkan Produktivitas Ukm Emping Mlinjo," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, pp. 37–41, 2010.
- [2]. A. S. I. Akbar, "Rancang Bangun Prototype Sistem Pemanggang Kue ( Oven ) Otomatis Dengan Menggunakan Mikrokontroler Avr Atmega 8535," *Dielektrika*, vol. 1, no. 2, pp. 69–81, 2014.
- [3]. M. Imam, "Pengantar Sistem Kendali Otomatis," Depdikbud, Jakarta, 1995.
- [4]. Adityo Pranowo, Wisnu Hendradjit, dan Sutanto Hadisupadmo, "Perancangan Sistem Kontrol Unit Water Chiller Laboratorium Teknik Kondisi Lingkungan," *Oto.Ktrl.Inst (J.Auto.Ctrl.Inst) Vol 7 (1)*, 2015.
- [5]. Yohandri Syufrawardi, Dan Asrizal, "Sistem Pengontrolan Temperatur On-Off Mikrokontroler At89c51 Dengan Pengindra Termokopel," *AINSTEK Vol. XI, Nomor 1 September 2008*.
- [6]. Katsuhiko Ogata, "Modern Control Engineering fifth edition," Prentice Hall Inc, 2010.
- [7]. Krista Tarigan, "Sistem Kontrol Teori contoh dan Analisis," 2009.
- [8]. Wisnu Wulur, Muchlas, Nuryono Satya Widodo, "Karakteristik Sistem Kendali *On-Off* Suhu Cairan Berbasis Mikrokontroler AT90S8535" Penelitian.