

Rancang Bangun Kompor Induksi Menggunakan *Zero voltage switching Low Power*

Rizca Tri Lestari^{1*}, Gillang Al-Azhar², Sungkono³
^{1,2,3}Politeknik Negeri Malang, Malang

*Penulis Korespondensi, email: rizcatr79@gmail.com

Received: 27/08/2024

Revised: 12/11/2024

Accepted: 12/11/2024

Abstract. Induction stoves are considered to be able to reduce the use of excess phosphorus energy. In this study, zero voltage switching is used as a flyback transformer driver that converts DC electric current into AC current with a frequency of transmission. By using a PT100 temperature sensor connected to an Arduino UNO to read the desired temperature amount and control it using the PID control method To achieve the desired setpoint value, PID control is used where to determine the parameters of Kp, Ki, and Kd values is used the Ziegler-Nichols 1 method and Trial and error with the values of Kp, Ki, and Kd from the Ziegler-Nichols 1 method as reference values. From the results of 2 method tests, a small difference in values was obtained where the trial and error method and the best response was obtained, namely trial and error, resulting in a system response with the value of delay Time (Td) = 90s, rise Time (Tr) = 363s, setting Time (Ts) = 429s and steady state error = 1.4% with values with values of Kp = 32.6, Ki = 0.80 and Kd = 350.

Keywords: Induction Cooker, Temperature Sensor, PID Control

Abstrak. Kompor induksi dinilai dapat mengurangi penggunaan energi fosil yang berlebih. Dalam penelitian ini menggunakan *zero voltage switching* yang digunakan sebagai driver transformator flyback yang mengubah arus listrik DC menjadi arus AC berfrekuensi tinggi. Dengan menggunakan sensor suhu PT100 yang terhubung dengan Arduino UNO untuk membaca besaran suhu yang diinginkan dan dikontrol dengan metode kontrol PID. Untuk mencapai nilai *setpoint* yang diinginkan maka digunakan kontrol PID dimana untuk menentukan parameter nilai Kp, Ki, dan Kd digunakan metode *Ziegler-Nichols 1* dan *Trial and error* dengan nilai Kp, Ki, dan Kd dari metode *Ziegler-Nichols 1* sebagai nilai acuan. Dari hasil 2 pengujian metode didapatkan selisih nilai yang sedikit dimana metode *trial and error* dan didapatkan respon yang paling baik yaitu *trial and error* menghasilkan respon sistem nilai *delay Time* (Td) = 90s, *rise Time* (Tr) = 363s, *setting Time* (Ts) = 429s dan *error steady state* = 1,4% dengan nilai dengan nilai Kp = 32,6 Ki = 0,80 dan Kd = 350.

Kata Kunci: Kompor Induksi, Sensor Suhu, Kontrol PID

I. PENDAHULUAN

Kompor merupakan kebutuhan utama sehari-hari yang digunakan masyarakat sebagai alat untuk menyediakan berbagai makanan untuk memenuhi kebutuhan pokok. Umumnya, masyarakat Indonesia menggunakan kompor sebagai kebutuhan rumah tangga sangat banyak dijumpai terlebih sejak keberhasilan pemerintah mengkonversi pemakaian minyak tanah menjadi pemakaian gas *Liquid Petroleum Gas* (LPG) dari bahan bakar fosil. Seiring dengan perkembangan jaman dan meningkatnya jumlah kebutuhan akan konsumsi energi akan semakin meningkat[1]. Energi fosil yang awalnya sangat melimpah terus menipis, akibatnya bahan bakar fosil menjadi tinggi

Memasak merupakan cara untuk mengubah bahan makanan menjadi bentuk yang berbeda.

Proses perubahan makanan ini umumnya memerlukan panas, yang dihasilkan dengan dari perpindahan energi dari sumber panas ke makanan. Energi panas tersebut menyebabkan molekul-molekul dalam makanan bergerak lebih cepat dan bereaksi, sehingga membentuk struktur dan bentuk yang baru[2]. Secara Umum, suhu yang dinilai ideal untuk dicapai ketika memasak adalah suhu internal minimal 100°C untuk proses memasak makanan dalam cairan panas (*Simmering*) sedangkan 175°C - 190°C untuk proses memasak makanan dalam minyak atau lemak (*Frying*)[3]. Suhu ini diyakini dapat membunuh sebagian besar bakteri penyebab keracunan makanan. Sedangkan untuk waktunya setiap makanan sangat bervariasi, bergantung pada suhu bahan makanan sebelum memasak, suhu perangkat memasak, dan sebagainya

Pemanas Induksi (*Induction Heating*) yang dibutuhkan kompor induksi ini disebabkan karena timbulnya panas pada material konduktif (logam) yang terkena induksi medan magnet atau arus listrik AC bolak balik. Di dalam logam tersebut muncul arus Eddy atau arus pusar yang bergerak melingkar mengikuti medan magnet. Arus pusar ini terbentuk akibat induksi magnet yang menciptakan fluks magnetik yang menembus logam, sehingga menghasilkan panas pada logam atau benda kerja seperti wajan atau panci yang terbuat dari bahan elektromagnetik[5].

Pada sistem ini menggunakan rangkaian *Zero voltage switching* adalah dengan memanfaatkan prinsip tegangan nol pada saat *switching* atau perpindahan siklus pada arus listrik yang melewati beban induktif. Dengan menggunakan transistor daya dan beberapa komponen lainnya, driver ini memastikan bahwa pemilihan arus terjadi saat nol tegangan, yang mengurangi terjadinya lonjakan arus dan tegangan yang dapat merusak perangkat elektronik[6][7]. Pada perancangan *Zero voltage switching* ini ada beberapa komponen yang perlu diperhatikan diantaranya mosfet, induktor, kapasitor dan dioda[8].

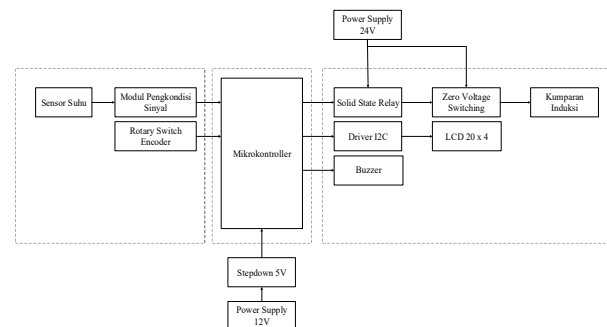
Oleh karena itu, diperlukan kompor yang dapat menjaga suhu secara stabil sesuai dengan nilai *setpoint* guna meningkatkan kualitas hasil masakan dan tentunya lebih efisien dan ramah lingkungan dengan menggunakan elemen pemanas induksi. Dengan adanya sistem kompor induksi yang dilengkapi dengan kontrol PID metode *Ziegler Nichols* 1[9], diharapkan bahwa perubahan suhu dalam proses memasak dapat diminimalisir. Dengan demikian, sistem dapat secara otomatis mengatur suhu dan waktu dengan lebih akurat dan stabil, sehingga menghasilkan kualitas masakan yang baik dan sehat[10].

II. METODOLOGI

A. Blok diagram

Diagram blok digunakan untuk memudahkan dalam memahami sistem dan proses secara keseluruhan. Pada penelitian ini, diagram blok memuat 3 bagian besar dalam sistem, yaitu

perangkat input, proses dan output. Pada blok input terdapat sensor suhu dan pengkondisi sinyal yang digunakan untuk membaca suhu pada media yang dipanaskan dan *rotary switch encoder* digunakan untuk memilih menu pada papan controller yaitu LCD 20X4. Pada blok proses terdapat mikrokontroler berupa Arduino UNO yang mengolah data dari pembacaan sensor dan diteruskan untuk mengontrol output yang dihasilkan oleh sistem. Pada bagian blok output terdapat solid state relay digunakan untuk pengendalian *zero voltage switching* dengan memutus tegangan *power supply* ketika nilai setpoint sudah tercapai dan mengendalikan tingkat panas pada kumparan induksi. *zero voltage switching* merupakan komponen utama yang digunakan untuk mengubah arus DC menjadi arus AC berfrekuensi tinggi dan kumparan induksi untuk mengalirkan arus induksi yang dapat menghantarkan panas pada wajan. LCD 20X4 untuk menampilkan informasi dan pesan teks yang berasal dari mikrokontroler serta menampilkan menu seperti *setting* suhu dan *Timer*.



Gambar 1. Diagram blok sistem

B. Perancangan mekanik

Berikut adalah spesifikasi mekanik dari sampel penelitian:

1. Spesifikasi mekanik:

- Panjang : 35 cm
- Lebar : 8 cm
- Tinggi : 18 cm
- Bahan : Akrilik 2 mm

2. Spesifikasi dudukan induksi

- Panjang : 23 cm
- Lebar : 23 cm
- Tinggi : 30 cm
- Bahan : Plat besi

3. Spesifikasi panci dan lilitan panci

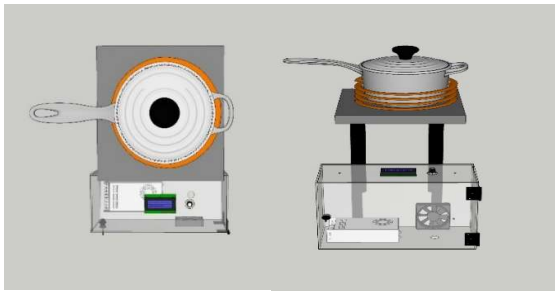
- a. Tinggi : 8 cm
- b. Diameter : 16 cm

4. Lilitan

- a. Diameter : 20 cm
- b. Tinggi : 4 cm
- c. Tebal Kawat : 2 mm
- d. Jumlah lilitan : 9 lilitan

5. Spesifikasi elektrik

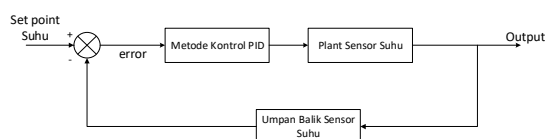
- a. Catu daya : 220V atau 750 Watt
- b. Processor : Arduino UNO R3
- c. Display : LCD 20×4 + I2C module
- d. Input User : *Rotary switch encoder*
- e. Range suhu : $100^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$



Gambar 2. Desain mekanik alat

C. Diagram blok kontrol

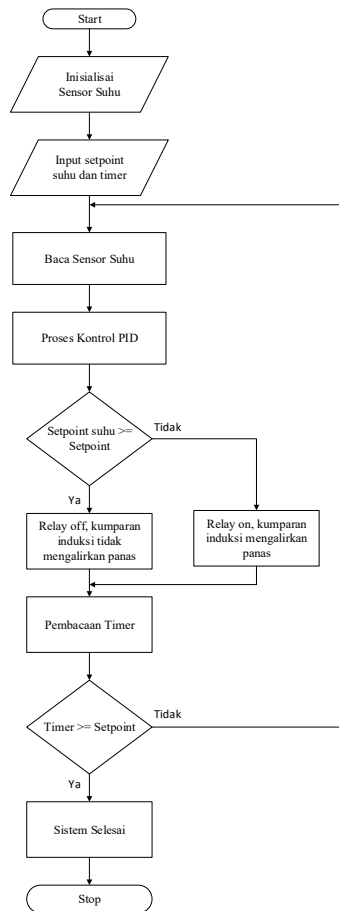
Pada perancangan blok kontrol sistem ini menggunakan closed-loop untuk kontrol PID. Sistem akan membaca suhu yang dideteksi oleh sensor suhu PT100. Ketika output pembacaan suhu tidak sesuai dengan *set point* yang diinginkan maka akan terdapat selisih antara output dengan *set point* yang telah ditentukan yang disebut error. Kemudian, eror tersebut akan membuat kontrol PID bekerja dan memberikan aksi langsung pada *solid state relay* untuk bekerja dan mengatur driver *zero voltage switching*. Sehingga sensor suhu PT100 akan terus menerus memberikan umpan balik hingga mendapatkan nilai error. Pada perancangan ini menggunakan metode PID Ziegler Nichols 1.



Gambar 3. Diagram blok kontrol

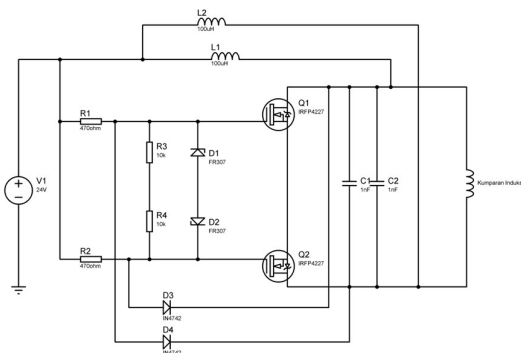
D. Perancangan elektronik

Prinsip kerja dari sistem ini adalah dengan menstabilkan suhu sesuai dengan *setpoint* dengan mengatur elemen pemanas. Setelah *rotary switch encoder* ditekan, sistem siap bekerja kemudian *setting* nilai *setpoint* suhu dan *Timer* pada layar 20×4 dengan menggunakan *rotary switch*, setelah sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan kemudian pilih menu *start* untuk memulai proses pemasakan. Kemudian kumparan induksi akan dialiri listrik dan menghantarkan panas ke area panci. Sistem ini menggunakan sensor suhu yang terhubung ke mikrokontroler sebagai umpan balik (*feedback*) untuk mengatur monitoring suhu saat pemasakan. Mikrokontroler akan mengolah data suhu dan membandingkannya dengan *setpoint* yang ditentukan untuk mendapatkan nilai *error*. Ketika suhu dalam pemasakan kurang dari *setpoint*, kumparan induksi akan meningkatkan suhu. Sebaliknya, jika suhu melebihi *setpoint* pada kumparan induksi akan menurunkan suhu sesuai *setpoint* yang ditentukan. Mikrokontroler juga membaca *Timer* yang dimasukkan tadi, apabila *Timer* sudah mencapai waktu yang ditentukan maka *buzzer* akan berbunyi. Dengan menggunakan metode PID, sistem akan menjaga suhu dalam kisaran yang diinginkan secara presisi dan stabil dan dapat membantu mencapai hasil pemasakan yang konsisten dan optimal.



Gambar 4. Diagram alir sistem

E. Perancangan zero voltage switching



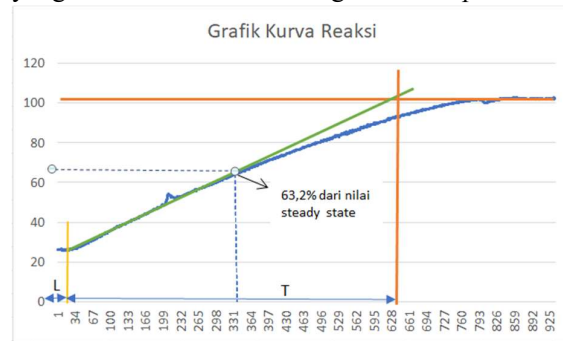
Gambar 5. Rangkaian zero voltage switching

Gambar 5 memperlihatkan skema rangkaian pemanas yang terdiri dari sebuah rangkaian inverter half-bridge resonansi frekuensi tinggi dan rangkaian resonansi paralel. Pada rangkaian ini terdapat komponen utama yaitu MOSFET, resistor, dioda induktor dan kapasitor. Menggunakan resistor dengan tahanan masing masing 470ohm untuk

menentukan kecepatan Mosfet ketika menyala. Terdapat dua induktor dan kapasitor yang dipasang secara paralel kemudian dua dioda yang terhubung ke kaki gate ke kedua mosfet. Dioda schottky (D3 dan D4) sebagai pengaman karena memiliki voltgae drop yang rendah dan kecepatan yang tinggi.

F. Perancangan kontrol PID

Pada perancangan kontrol PID menggunakan sistem close loop dengan sensor suhu sebagai umpan balik. Pada perancangan kontrol PID ini yang harus dilakukan yaitu penentuan nilai *set point*. Kemudian suhu didalam panci akan dibaca oleh sensor PT100. Saat dalam proses pembacaan terdapat nilai error maka data akan diolah oleh kontrol PID untuk menyesuaikan sesuai dengan nilai *setpoint* yang telah diinputkan, yang mana nilai error didapatkan dari selisih antara nilai suhu aktual yang terbaca oleh sensor dengan nilai *setpoint*.



Gambar 6. Grafik kurva reaksi tanpa kontroler

Berdasarkan data pengambilan respon sistem pada suhu maksimal seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5. nilai K_p , K_i dan K_d dapat ditentukan dengan menggambar garis lurus dari titik suhu terendah ke titik suhu tertinggi. Nilai T dan L dapat diperoleh dari grafik respon sistem.

$$L = 23s$$

$$T = 629 - 23 = 606s$$

Setelah mendapatkan kedua parameter tersebut, kemudian menentukan nilai K_p , K_i dan K_d .

1. Perhitungan nilai K_p :

$$\begin{aligned} K_p &= 1,2 \frac{T}{L} \\ &= 1,2 \frac{606}{23} \\ &= 31,6 \end{aligned} \quad (1)$$

2. Perhitungan nilai K_i :

$$T_i = 2L \quad (2)$$

$$= 2 \times 23$$

$$= 46$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \quad (3)$$

$$= \frac{31,6}{46}$$

$$= 0,68$$

3. Perhitungan nilai K_d :

$$T_d = 0,5L \quad (4)$$

$$= 0,5 \times 23$$

$$= 11,5$$

$$K_d = K_p \times K_d \quad (5)$$

$$= 31,6 \times 11,5$$

$$= 363,4$$

III. HASIL DAN PEMABAHASAN

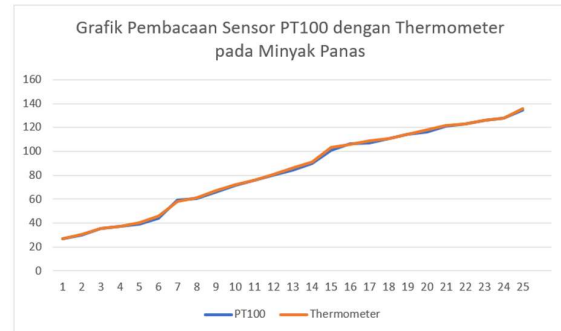
A. Pengujian sensor suhu PT100

Pada pengujian pembacaan sensor PT100 ini bertujuan untuk mengkalibrasi PT100 agar sesuai dengan standart yang diinginkan. Sehingga sensor dapat memberikan nilai yang akurat dan diandalkan ketika proses pemasakan berlangsung. Sensor dipastikan dapat mengukur suhu sesuai dengan nilai aktual. Pengujian dilakukan dengan membandingkan suhu yang dibaca sensor PT100 dan nilai yang dibaca oleh termometer.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor suhu pt100

Hasil Pengukuran (°C)		Error (%)
Thermometer	Sensor Suhu PT100	
27.1	26.58	1.95
30.4	29.73	2.25
35.7	35.63	0.19
37.4	37.32	0.21
40.3	39.36	2.38
46.0	44.15	4.19
57.8	59.57	2.97
61.2	60.57	1.04
67.4	66.21	1.79
72.3	71.22	1.51
75.9	75.77	0.17
80.5	80.15	0.43
86.1	84.23	2.22
91.2	90.15	1.16
103.1	100.87	2.21
105.6	106.39	0.74
108.6	107.23	1.27
110.7	110.39	0.28
114.5	114.18	0.28
117.9	116.28	1.39

121.6	120.83	0.63
122.8	122.85	0.04
125.8	125.75	0.03
127.9	127.84	0.04
135.6	134.75	0.63
Error rata-rata		1.2%



Gambar 7. Grafik sensor suhu PT100

Berdasarkan grafik dan hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 1 dan Gambar 6 terlihat bahwa karakteristik PT100 menunjukkan tingkat error yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa pembacaan suhu yang dilakukan oleh PT100 memiliki akurasi yang tinggi dan tingkat kesalahan yang rendah. Tingkat error yang kecil menunjukkan bahwa pembacaan suhu dari PT100 dapat diandalkan dan memberikan hasil yang konsisten. Meskipun terdapat sedikit tingkat error dalam pembacaan PT100 pada pengujian, hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti toleransi sensor, ketidakakuratan kalibrasi, atau pengaruh lingkungan. Namun, tingkat error yang terjadi masih berada dalam kisaran yang dapat diterima dan tidak signifikan. Nilai error didapatkan dari persamaan dibawah ini:

$$\text{Nilai Error} = \frac{\text{Nilai Thermometer} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Sensor}} \times 100\% \quad (6)$$

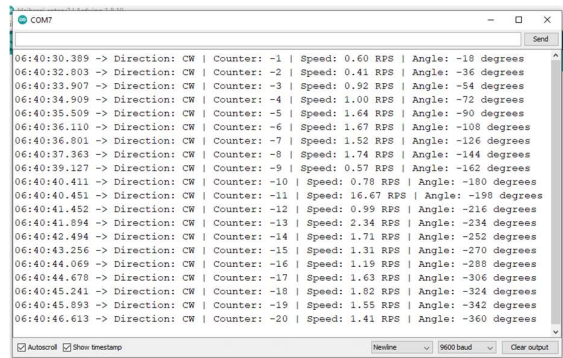
$$\text{Nilai Error rata - rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai error}}{\text{Jumlah data}} \times 100\% \quad (7)$$

B. Pengujian sensor suhu PT100

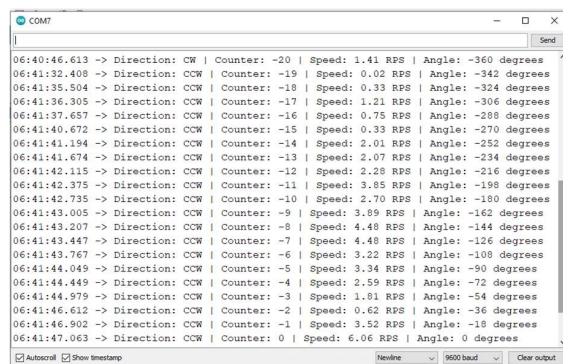
Pengujian *rotary switch encoder* dilakukan untuk memastikan bahwa rotary encoder dapat menghasilkan sinyal yang benar saat diputar. Pada sistem ini *rotary switch encoder* untuk memasukan nilai *setpoint* suhu dan *Timer* serta untuk memulai jalannya sistem. Selain itu, pengujian juga mencakup pengecekan keandalan *rotary switch*

encoder, yaitu apakah *switch encoder* tetap berfungsi dengan baik setelah berulang kali diputar.

Pada 2 gambar di bawah ini merupakan hasil dari pengujian *rotary switch encoder* yang ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE.



Gambar 8. Hasil serial monitor pengujian *rotary switch encoder* CW (searah jarum jam)

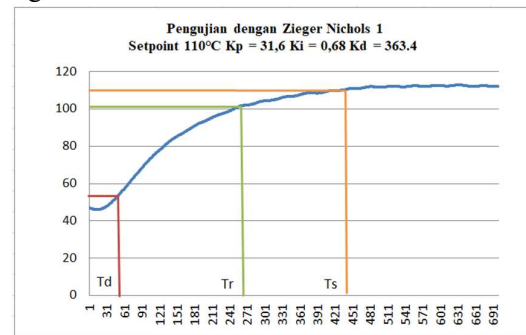


Gambar 9. Hasil serial monitor pengujian *rotary switch encoder* CCW (berlawanan arah jarum jam)

Dari Gambar 8 dan Gambar 9 bahwa *rotary switch encoder* terlihat konstan karena perubahan posisi yang konstan yaitu 18 derajat dan perubahan waktu yang menyesuaikan *Time* internal pada arduino. *Time* internal yang digunakan pada Arduino menggunakan fungsi millis untuk melihat selang waktu dari perubahan posisi. Adapun kekurangan *rotary switch encoder* ini yang hanya dapat memproduksi 20 pulsa per rotasi yang dapat membuat pendeteksian posisi yang sangat besar. Perubahan posisi 18 derajat didapatkan dari perbandingan jumlah sudut satu putaran penuh dengan jumlah pulsa yang diproduksi.

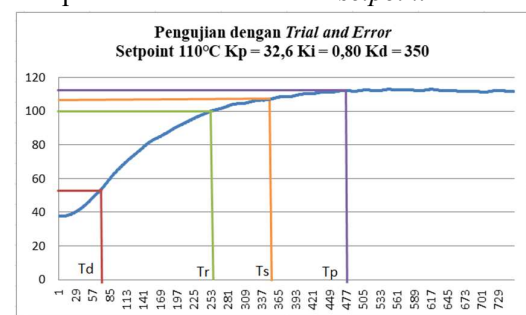
C. Pengujian kontrol PID

Pada pengujian PID dilakukan dengan 2 metode tuning yaitu metode *zieger-nichols* 1 dan metode *trial and error* atau tuning manual. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan nilai parameter tanpa kontroler dengan menggunakan kontroler PID dengan nilai gain $K_p = 31,6$ $K_i = 0.68$ dan $K_d = 363,4$ apakah respon PID akan menunjukkan nilai K_p , K_i dan K_d yang telah dirancang mampu menghasilkan output yang sesuai dengan *setpoint* yang diberikan.



Gambar 10. Hasil pengujian dengan Ziegler Nichols 1

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode *Ziegler Nichols* Kurva S, dari grafik respon pengendalian kontrol PID menunjukkan sistem melebihi *setpoint* yang diinginkan namun tidak terlalu signifikan. *Setpoint* diatur yaitu 110°C, sedangkan sistem mencapai suhu 111,95°C yang dapat diartikan bahwa mengalami *overshoot* sebesar 1,95%. Waktu yang diperlukan untuk mencapai *set point* yaitu 7 menit atau 460 detik. Maka dari itu perlu dilakukan tuning manual/*trial and error* berdasarkan nilai K_p , K_i , dan K_d dari metode *Ziegler-Nichols* 1 sebagai acuan untuk mendapatkan hasil akhir sesuai *setpoint* awal.



Gambar 11. Hasil pengujian dengan *trial and error*

Grafik diatas menunjukkan bahwa dengan tuning metode *trial and error* sistem masih melebihi *setpoint* awal yaitu 111.64°C dengan waktu penakaran 49.3 detik. yang dapat diartikan bahwa mengalami *overshoot* sebesar 1,64%. Waktu yang diperlukan untuk mencapai *setpoint* yaitu 7 menit atau 430 sekon. Sehingga dilakukan tuning menggunakan metode *trial and error* kedua untuk mendapatkan hasil akhir sesuai *setpoint* awal.

Berikut merupakan Tabel hasil respon sistem yang dapat dilihat seperti pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil respon sistem

Metode	Kp	Ki	Kd	Hasil	Error (%)	Td	Tr	Ts
ZN	13,61	0,68	363,4	111,95	1,7	69	328	460
TE	14,61	0,80	350	111,64	1,4	90	363	429

Berdasarkan data perbandingan respon sistem seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 hasil parameter PID dengan cara Tuning Manual/*Trial and error* menunjukkan respon sistem yang paling baik untuk digunakan sebagai pengontrol sistem karena memiliki persentase error paling kecil daripada respon sistem dengan metode *Ziegler-Nichols* 1. Selisih waktu antara metode *Ziegler-Nichols* 1 dan *Trial and error* pada tabel menggunakan metode *Trial and error* lebih cepat 30 detik dari metode *Ziegler-Nichols*. Dengan selisih waktu yang tidak begitu signifikan maka digunakan metode *Trial and error* karena memiliki error yang paling kecil, dimana semakin kecil nilai persentase error maka semakin stabil respon sistemnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Perancangan driver pemanas induksi menggunakan *zero voltage switching* dimana dalam menentukan setiap komponen yang digunakan harus sesuai dengan perhitungan yang tepat agar tidak merusak komponen.

Rancangan yang dibuat ini masih perlu adanya perbaikan agar bekerja secara optimal. Ada beberapa hal yang disarankan untuk pengembangan lebih lanjut yaitu dapat Menggunakan *power supply* dengan tegangan dan ampere yang lebih tinggi agar

pemanasannya lebih cepat dan dapat menggunakan desain mekanik yang lebih baik dari seperti pelindung untuk lilitan induksi dan penempatan sensor suhu yang lebih tepat dan aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas dukungan, arahan, maupun bantuan yang telah diberikan oleh dosen pembimbing Bapak Gillang Al Azhar, S.S.T., M.Tr.T dan Bapak Sungkono, S.T., M.T. Selain itu, ucapan terima kasih pada teman-teman yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] G. Yulianto Firmansyah, "Perancangan dan Pembuatan Inverter Setengah Jembatan Ganda untuk Pemanfaatan Kompor Induksi menggunakan Pengaturan Fasa Bergeser 1," no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [2] D. C. Kumolo, "Uji kinerja kompor induksi," *Univ. Islam Indones.*, pp. 6–7, 2017.
- [3] Prasetyo Hadi Atmoko and K. Hery, "Profesionalisme Chef Dalam Pengolahan Dan Meningkatkan Kualitas Makanan Di Cavinton Hotel Yogyakarta," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 51–66, 2017.
- [4] M. S. G. Arif Wahyu Budiarto, "Rancang Bangun Pemanas Induksi dengan Metode Multiturn Helical Coil," *Appl. Electr. Eng.*, vol. 3, pp. 3–6, 2019.
- [5] Y. Zhulkarnaen, "Perancangan Dan Pembuatan Pemanas Induksi," 2013.
- [6] B. Andreyck, "Zero Resonant Voltage Power Switching Conversion," *Unitrode Power supply Des. Semin. SEM700*, 1990.
- [7] A. M. ardiyansyah, M, "Perancangan dan Pembuatan Prototipe Cerobong Asap Menggunakan Metode Elektrostatis Precipitator (ESP) untuk Mengurangi Polusi Asap dari Hasil Pengasapan Ikan," pp. 1–14, 2023, [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558907/>
- [8] S. Kurniati, S. Syam, and F. L. Bantorian, "Sistem Pemanas Induksi Dengan Menggunakan Solenoid Coil Dan Mikrokontroler," *J. Media Elektro*, vol. X, no. 1, pp. 44–52, 2021, doi: 10.35508/jme.v0i0.3902.

- [9] D. Dewatama, M. Fauziah, and H. K. Safitri, "Kendali Dc-Dc Converter Pada Portable Pico-Hydro Menggunakan Pid Kontroller," *J. Eltek*, vol. 16, no. 2, p. 113, 2018, doi: 10.33795/eltek.v16i2.103.
- [10] R. R. Aisyah, *Perancangan Sistem Penggorengan Otomatis Menggunakan Metode PI*, vol. 47, no. 1. 2023. [Online].