



JASEE

Journal of Application and Science on Electrical Engineering

<https://jurnal.widyagama.ac.id/index.php/jasee/index>



Kendali Suhu Minyak Goreng Pada Penggorengan Sosis Menggunakan Kontrol PID

Anang Setiyoko¹, Dian Efytra Yuliana²

^{1,2}Universitas Islam Kadiri, Indonesia

Corresponding email: setiyokoanang0@gmail.com

Abstract

Cooking sausages is not too difficult a job. Some of the obstacles often encountered when cooking sausages are the appropriate temperature, so they don't burn. This work is challenging for people who are just trying to cook sausages. This study designed a stove with cooking oil temperature that can be controlled automatically, where the temperature can be known through this tool. The sensor used in this system is the Type K thermocouple. This sensor was selected because it has a temperature reading that is not too large, only up to 200 °C. The temperature is used as a reference for the Arduino Uno microcontroller to control the amount of flame through a servo motor. The LCD is used as a medium to read the measured temperature and the setpoint of the temperature is 170 °C with $K_p = 15$, $K_i = 0.4$. A stove with a controlled temperature can make humans fry sausages quickly. Besides, someone will not be afraid that the oil temperature is too hot.

Keywords: temperature, thermocouple, PID, Arduino.

p-ISSN : 2721-3625

e-ISSN : 2721-320X

1. PENDAHULUAN

Sosis adalah salah satu makanan yang digoreng dan masih diminati sampai sekarang karena bentuknya yang berbeda beda namun juga memasaknya yang tidak terlalu lama. Tidak dapat dipungkiri bahwa penjual sosis masih bisa melakukan kesalahan dalam memasak sosis karena faktor kelalaian manusia sehingga panasnya membuat minyak meluap-luap dan terkena tangan, juga bisa membuat sosis menjadi terlalu matang hingga gosong.

Biasanya ketika memasak orang akan terbiasa untuk melakukan hal lain selain memasak seperti menyiapkan bahan masakan mencuci pakaian ataupun mencuci piring, bahkan untuk ibu rumah tangga biasanya juga sambil menjaga anaknya sehingga kegiatan memasak bisa ditinggalkan oleh orang tersebut sehingga dapat membahayakan keselamatan orang satu rumah saat kompor lupa dimatikan atau api yang lupa dikesilkan sehingga dapat menyebabkan kebakaran. Meskipun dalam membuat sosis di rumah tidak terlalu rumit namun tetap saja kelalaian seseorang bisa membahayakan dirinya dan orang disekitarnya.

<https://doi.org/10.31328/jasee.v3i01.6>

Received: 14 October 2021

Revised: 07 March 2022

Accepted: 11 March 2022, published by ©UWG Press 2022

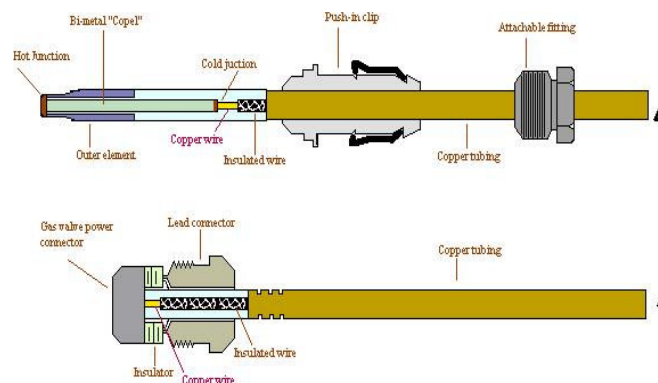
Dari masalah tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu mengendalikan temperature minyak goreng. Beberapa penelitian mengenai sistem kendali suhu minyak goreng dan kompor telah dilakukan. Pada tahun 2015 telah dilakukan penelitian berjudul Rancang Bangun Sistem Kompor Dengan Kontrol Suhu Terprogram Berbasis Mikrokontroler Sebagai Panduan Memasak [1]. Penelitian ini dilakukan agar membuat orang yang kesulitan memasak akan lebih mudah memasak karena suhu yang digunakan untuk memasak sudah diatur oleh servo kemudian putaran servo sudah diatur oleh arduino dan yang menentukan suhu tersebut akan ditampilkan oleh LCD sehingga akan mempermudah untuk mengetahui oleh orang awam apakah panas yang biasanya sudah pas seperti yang dipandu oleh alat tersebut. Pada tahun 2021 telah dibuat sistem kontrol otomatis kompor gas berbasis Arduino Uno yang mampu memudahkan pengguna kompor dalam mengontrol dan mengetahui kondisi kompornya [2].

Penelitian yang dibuat adalah merancang sistem kendali temperature minyak goreng dengan menggunakan board Arduino Uno dengan sistem kendali berbasis PID (*Proportional Integral Derivative*) sebagai pengendali kran api pada kompor dengan servo. PID dipilih karena memiliki keunggulan yaitu memiliki respon yang baik dan cepat jika perhitungan yang dihasilkan tepat [3]. Disamping itu PID mudah untuk diterapkan dan berbiaya rendah [4]. Dengan adanya sistem kendali temperature minyak goreng pada penggorengan sosis ini penjual tidak perlu lagi risau untuk mengecilkan atau membesarkan api dan tidak risau lagi kalau minyak goreng terlalu mendidih karena pada saat suhu kompor memanaskan sensor akan mendeteksi dan menurunkan kran kompor begitupun sebaliknya.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Termokopel

Termokopel merupakan salah satu jenis sensor temperatur yang dipakai untuk mengukur temperatur melalui prinsip *seebeck*, dimana jika persambungan dua logam dipanaskan akan membangkitkan beda potensial atau tegangan listrik [5]. Pada beberapa aplikasi salah satu sambungan dihubungkan dengan obyek yang diukur dan sambungan lainnya yang dingin dijaga sebagai temperatur referensi. Bagian-bagian utama termokopel seperti yang digambarkan oleh Gambar 1 terdiri dari *stick* yang dibuat dari dua buah logam sebagai variabel pengukur suhu dan *jack* yang menghubungkan antara kabel termokopel dengan termokopel.

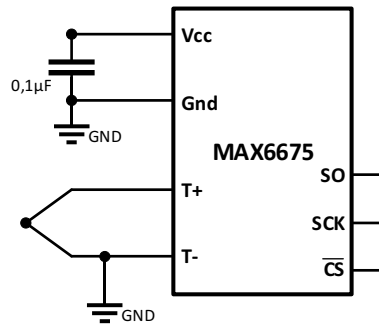


Gambar 1. Bagian-bagian termokopel

Termokopel tipe K terbuat dari alumel (2% aluminium, 2% mangan, 95% nikel dan 1% silikon) dan chromel (90% nikel dan 10% chromium) [6]. Karakteristik dari termokopel Type K memiliki jangkauan suhu 0 – 200 °C, *error* dari termokopel Type K berada disekitar 2,2 °C/0.75%, output dari termokopel berbentuk tegangan sebesar 41 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

2.2 Modul MAX6675

MAX6675 adalah IC kompensasi termokopel dan juga digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi digital dari termokopel tipe K. MAX6675 diterapkan dalam modul akuisisi suhu, yang menyederhanakan desain sistem dan meningkatkan presisi pengukuran [7]. MAX6675 memiliki *Serial Pin Input* (SPI compatible), dengan format data *read-only* dan data keluaran dengan resolusi 12 bit. Ketelitian suhu yang dimiliki kompensator sampai dengan 0,25 °C serta mampu membaca suhu sampai dengan 1024 °C yang menunjukkan akurasi termokopel dari 8 LSB (*Least significant bit*) untuk suhu dari 0 °C sampai dengan 700 °C.



Gambar 2. Skema Modul Max6675 dan Termokopel

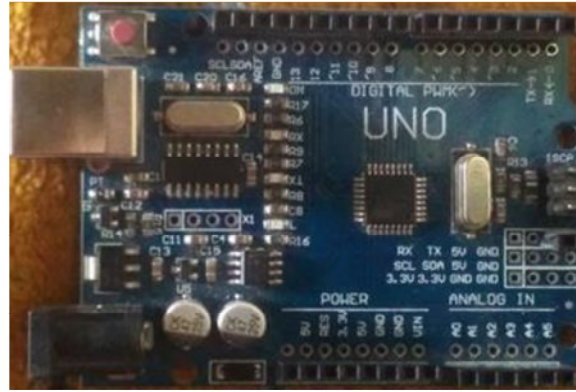
kompensator MAX6675 yang digambarkan oleh Gambar 2 memperoleh sinyal analog dari termokopel tipe K dan kemudian dikonversi menjadi sinyal digital agar dapat diolah oleh mikrokontroler. Termokopel tipe K digunakan untuk mendeteksi suhu mulai dari 0 °C sampai dengan 1023.75 °C. Sehingga nilai yang paling kecil adalah 0 yang menjadi representasi dari 0 °C dan nilai digital terbesarnya adalah 4095 yang menjadi representasi dari 1023.75°C. Sehingga rumus hubungan antara temperatur dengan nilai digital dijabarkan oleh Persamaan 1.

$$Temperature = 1023,75 \times \frac{Nilai Digital}{4095} \quad (1)$$

Sejalan dengan naiknya suhu, variasi transisi tegangan yang dihasilkan menjadi tidak linier. Dengan mengimplementasikan Persamaan 1 dapat menghindari variasi perubahan tegangan yang tidak linier, pada khususnya ketika telah mencapai daerah suhu tinggi.

2.2 Arduino Uno

Arduino UNO merupakan sebuah papan mini berbasis mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno menggunakan mikrokontroler keluarga AT Mega yang diproduksi oleh Atmel sebagai *chip* utama [8]. Arduino UNO memiliki 14 pin digital *input/output* (pin 0-13) yang terdiri dari 6 pin *input* analog (pin 0-5) yang biasa digunakan untuk membaca tegangan dari sensor dan dikonversi menjadi nilai 0 hingga 1023, 6 pin *output* analog (pin 3, 5, 6, 9, 10, 11) yang dipakai dalam mengendalikan PWM (*Pulse Width Modulation*), sebuah ICSP header, sebuah *power jack*, sebuah koneksi USB, sebuah osilator Kristal 16 MHz, dan sebuah tombol *reset*. Arduino UNO dapat dioperasikan dengan memanfaatkan sumber daya dari USB *charger*, port USB komputer, atau adaptor AC-DC dengan tegangan yang rekomendasi sebesar 9 Volt. Gambar 3 memperlihatkan papan Arduino Uno [9].



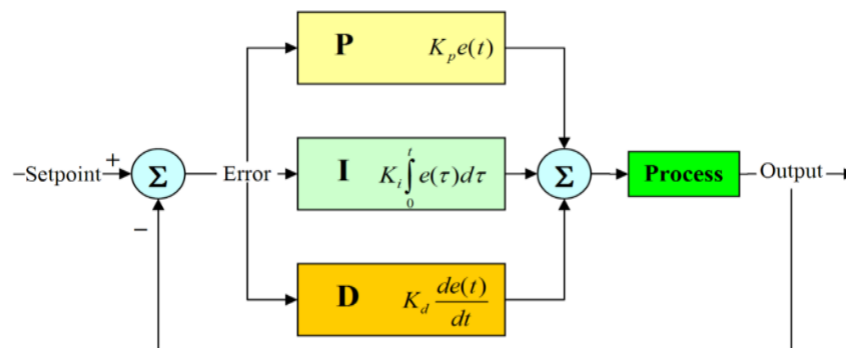
Gambar 3. Papan Arduino Uno

2.2 Proporsional Integral Derivativ (PID)

Kontroller PID adalah kontroler dengan memakai prosedur *feedback* yang kebanyakan digunakan dalam sistem kendali industri [10]. Sebuah kendali berbasis PID secara terus menerus mengukur nilai problem atau nilai *error* sebagai perbedaan antara *setpoint* yang diinginkan dan variabel proses yang diukur. Kontroler mencoba mengecilkan nilai *error* setiap waktu dengan cara men-*setting* variabel kontrol ke nilai baru yang dipastikan melalui penjumlahan seperti yang dijabarkan oleh Persamaan 2.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

Dimana $u(t)$ merupakan sinyal keluaran kontroler PID, K_p adalah konstanta proporsional, K_i adalah konstanta integral, K_d adalah konstanta derivatif, sedangkan $e(t)$ merupakan sinyal *error* = referensi – keluaran. τ adalah variabel integrasi (nilai variable tersebut diperoleh dari waktu nol hingga saat t). K_p , K_i , dan K_d , jika semua konstanta tersebut memiliki nilai positif (+), menunjukkan bahwa koefisien pada term proporsional, integral, dan derivatif berurutan (P, I, dan D). P berkewajiban sebagai nilai *error* saat ini, I berkewajiban sebagai nilai *error* sebelumnya, D berkewajiban sebagai kemungkinan nilai *error* yang akan datang, berdasarkan pada nilai *rate* dalam perubahan setiap waktu. Dari penjelasan diatas digambarkan diagram Blok PID seperti Gambar 4.



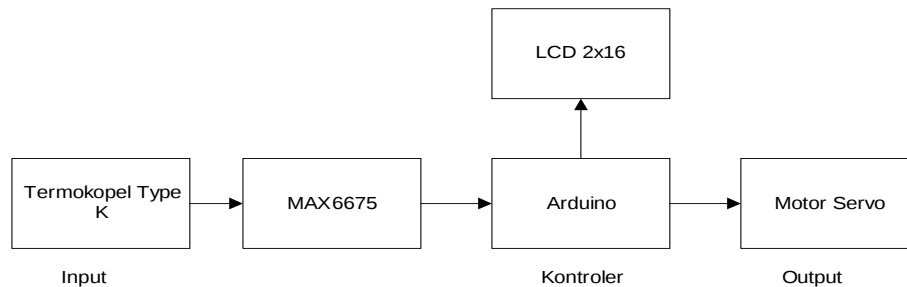
Gambar 4. Blok Diagram PID

Salah satu teknik untuk mempermudah *tunning* PID yaitu menggunakan metode *Ziegler-Nichols* yang dikenalkan oleh John G. Ziegler dan Nathaniel B. Nichols. *Ziegler Nichols* adalah teknik *tunning* parameter PID secara eksperimental [11]. Pertama-tama yang dilakukan pada metode ini antara lain memberikan masukan *step* terhadap sistem dengan kondisi *loop* terbuka. Jika *plan*

minimal tidak terkandung unsur integrator atau komponen-komponen yang kompleks, maka sistem akan memberikan reaksi berbentuk S.

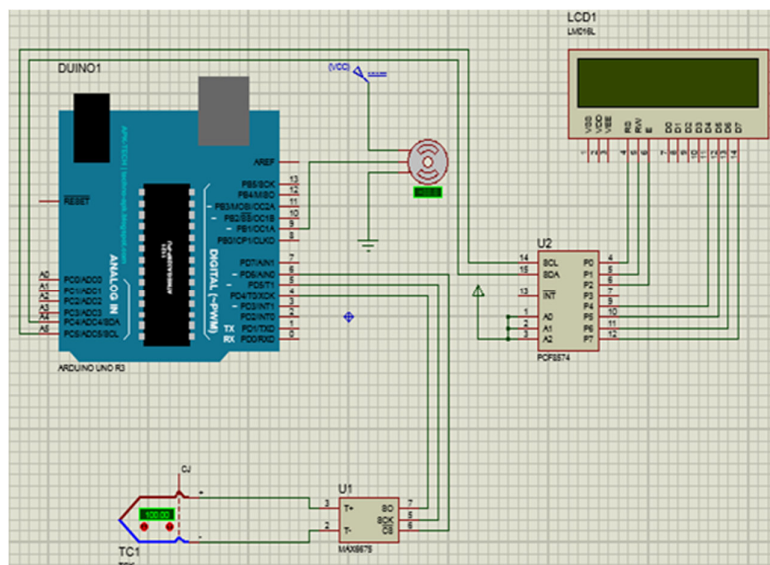
3. METODE

Pada penelitian dirancang perangkat keras dan *flowchart* untuk mengendalikan temperatur minyak pada penggorengan sosis. Diagram blok dari perangkat keras sistem pengendali temperatur minyak goreng pada penggorengan sosis digambarkan oleh Gambar 5.



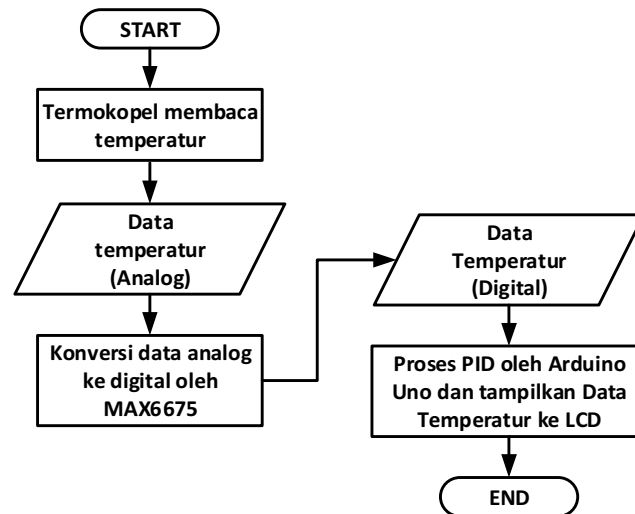
Gambar 5. Diagram blok perangkat keras sistem

Dalam pembuatan sistem semua *device* dihubungkan pada mikrokontroller Arduino Uno yang berperan menjadi sistem kendali utama dari sistem, dimana Arduino Uno sebagai penerima sinyal digital dari MAX6675. Sedangkan output Arduino Uno akan mengirim sinyal ke LCD *display* dan menggerakkan servo sesuai kebutuhan. Adapun rangkaian seluruh sistem disajikan oleh Gambar 6.



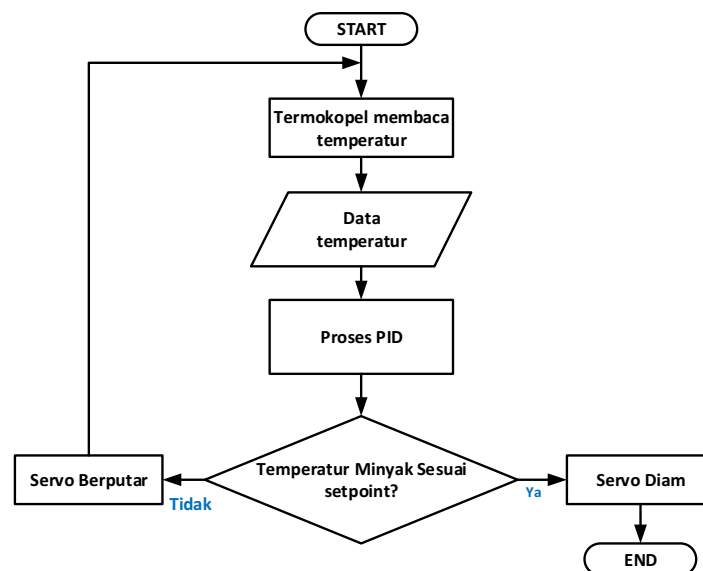
Gambar 6. Desain Rangkaian

Software yang digunakan untuk memprogram mikrokontroller Arduino Uno adalah Arduino IDE yang merupakan sebuah perangkat lunak yang bisa diunduh gratis dan dibuat khusus untuk pengaman arduino serta bahasa yang pakai adalah bahasa C. *Input* utama dari sistem ini adalah berupa suhu wajan yang dibaca oleh termokopel yang kemudian digunakan sebagai masukan pada proses kendali PID. *Flowchart* pembacaan suhu digambarkan oleh Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Flowchart Pembacaan Suhu

Pada penelitian ini kendali PID digunakan untuk mengatur pergerakan dari motor servo yang digunakan untuk memutar knop kompor sehingga besarnya nyala api dapat diatur dan suhu minyak goreng dapat ditentukan. Secara garis besar, alur kerja sistem kendali suhu minyak goreng pada penggorengan sosis digambarkan oleh *flowchart* yang ditunjukkan oleh Gambar 8 berikut.



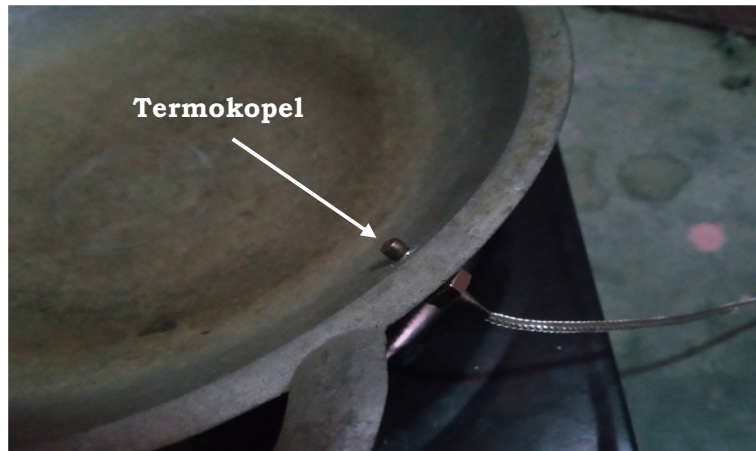
Gambar 8. Flowchart Sistem Kendali Suhu Minyak Goreng pada Penggorengan Sosis Berbasis PID

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem yang sudah dirancang, dilakukan pengujian terlebih dahulu apakah alat tersebut sudah bekerja sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Data yang dihasilkan dari pengujian ini memperlihatkan cara kerja alat tersebut. Setelah dianalisa maka bisa disimpulkan lewat pembahasan di bawah.

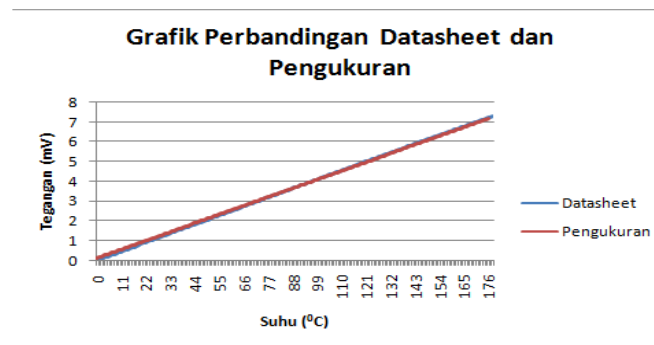
4.1 Pengujian Termokopel

Pengujian Termokopel dilakukan untuk melihat bagaimana hasil dari referensi dari tabel termokopel terhadap termometer. Termokopel pada sistem ini dimasukkan pada lubang wajan bagian atas seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9 agar dapat membaca suhu dan tidak mengganggu pada saat memasak.



Gambar 9. Penempatan Termokopel

Dari hasil pengujian termokopel seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 10, diperoleh grafik perbandingan datasheet dan pengukuran termokopel dengan bentuk yang linear, dimana setiap kenaikan suhu juga diikuti dengan kenaikan tegangan output dari modul IC MAX6675.

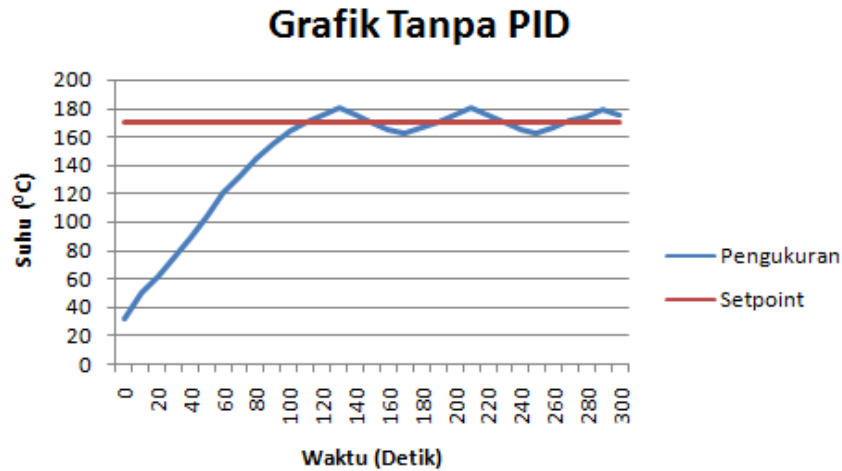


Gambar 10. Grafik Perbandingan Datasheet dan Pengukuran Termokopel

Graafik yang disajikan pada Gambar 10 memperlihatkan bahwa perbandingan dari suhu *datasheet* dan suhu dari pengukuran perbedaan suhunya tidak terlalu jauh sehingga bisa dikatakan hasilnya serupa dan tidak terlalu banyak *error*. Sehingga sensor tersebut sudah bisa digunakan untuk mengukur suhu dari minyak goreng dengan baik.

4.2 Pengujian Tanpa Kontrol PID

Untuk mengetahui kinerja kendali PID pada sistem kendali suhu minyak goreng, pertama yang akan kita uji adalah bagaimana respon sistem apabila tidak menggunakan kontrol PID pada alat tersebut. Dari hasil pengujian tanpa kontrol PID diperoleh grafik seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 11.

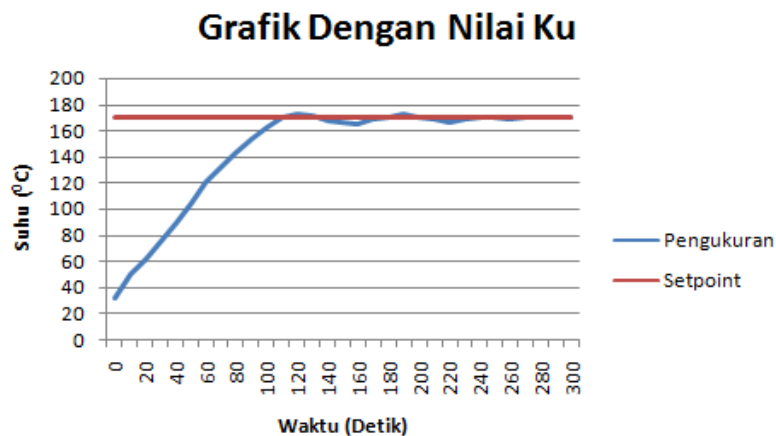


Gambar 11. Grafik Pengujian Tanpa PID

Pada grafik diatas saat dilakukan percobaan tanpa diberi nilai PID waktu yang dibutuhkan untuk mencapai setpoint adalah sekitar 5 menit kemudian jika ada perubahan suhu mendadak respon dalam merubah suhunya menjadi lama karena tidak adanya nilai PID, sehingga dibutuhkan kontrol PID agar bisa membuat waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *setpoint* lebih cepat dan respon saat ada perubahan suhu menjadi lebih cepat. Dan masih ada *overshoot* yang terjadi sebesar 10 °C.

4.3 Pengujian Kontrol K_u

Untuk pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap kontrol ketika diberi nilai K_u . Dari hasil pengujian kontrol ketika diberi nilai K_u diperoleh grafik seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Dengan Nilai K_u

Pada grafik yang disajikan oleh Gambar 12 ketika kompor dinyalakan selama 5 menit dengan pengaturan suhu target 170 °C, $K_u = 25$. Nilai tersebut adalah nilai yang paling bisa membuat adanya osilasi sehingga bisa menentukan nilai K_p , T_u dan T_d . Yang bisa diambil dari grafik tersebut adalah:

Rise time = 110 s

Steady state = 170 °C

Steady State error = 0.55%

Setting Time = 180 s

$Overshoot = 5$ derajat (2 %)

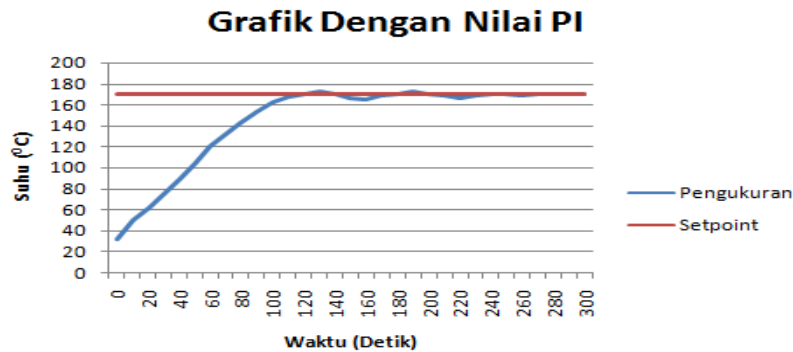
$K_u = 25$

$T_u = 70$

Frekuensi = 0.014 Hz.

4.4 Pengujian Kontrol K_p dan K_i

Setelah didapatkan nilai K_u dan P_u maka bisa menentukan nilai dari K_p , T_i . Dengan menambahkan nilai K_p , dan K_i diharap bisa membuat perubahan pada *steady state*-nya.

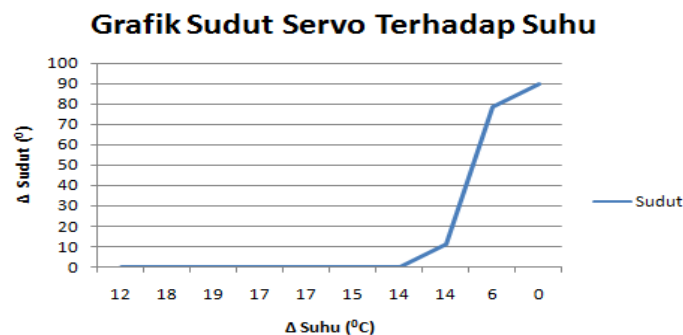


Gambar 13. Grafik Dengan Kontrol PI

Pada grafik yang disajikan oleh Gambar 13 bisa dilihat bahwa hanya dengan kontrol PI saja ternyata sudah cukup membantu menjaga nilai angka tetap stabil disekitar setpoint yaitu 170 °C dan tidak menyebabkan terlalu banyak *overshoot*.

4.5 Perbandingan Perubahan Suhu Terhadap Gerak Servo

Setelah melakukan percobaan dengan kontrol PI sekarang adalah melakukan pengujian bagaimana respon servo terhadap perubahan suhu.



Gambar 14. Grafik Perubahan Servo Terhadap Suhu

Dari grafik diatas bisa dilihat pada saat suhu mulai mendekati *setpoint*, servo akan bergerak mengurangi katup kompor agar membuat kenaikan suhu sedikit melambat sehingga akan membuat suhu tidak naik terlalu jauh dari setpoint dan saat suhu mulai menurun dari *setpoint* servo akan bergerak menaikkan katup kompor agar bisa segera menaikkan suhu agar kembali ke *setpoint*-nya.

4.6 Pengujian Alat

Setelah mendapatkan nilai dari PI dan suhu *setpoint*-nya, kemudian menambahkan nilai tersebut ke dalam alat yang sudah dirangkai, setelah selesai memasukkan nilai tersebut barulah

dilakukan percobaan apakah alat sudah bekerja dengan baik atau belum. Tabel 1 menyajikan data hasil pengujian alat.

Tabel 1. Perbandingan Konsumsi Daya Sebelum dan Sesudah Optimisasi

No.	Keterangan	Suhu Awal Servo Berputar	Suhu Akhir Servo Berhenti	Waktu Sampai Servo Berhenti
1	Percobaan ke 1	162 ⁰ C	170 ⁰ C	300 s
2	Percobaan ke 2	162 ⁰ C	170 ⁰ C	300 s
3	Percobaan ke 3	163 ⁰ C	170 ⁰ C	300 s
4	Percobaan ke 4	162 ⁰ C	170 ⁰ C	300 s
5	Percobaan ke 5	163 ⁰ C	170 ⁰ C	300 s

Pada Tabel 1 diatas bisa dilihat bahwa hasil dari percobaan 1 sampai dengan 5 memiliki suhu awal yang berbeda beda namun jaraknya tidak terlalu jauh saat servo mulai bergerak dan suhu akhir saat servo mulai stabil dalam bergerak memiliki hasil yang sama.

Jadi hasil kesimpulan percobaan sebelum memakai PI terjadi lonjakan besar dari *setpoint* yaitu lebih dari 10⁰C. Sedangkan setelah memakai Kontrol PI bisa mengurangi lonjakan suhu dengan penggunaan kontrol PI suhu bisa stabil sesuai *setpoint* yaitu 170⁰C. Dengan Nilai $K_p = 11.25$ Dan $K_i = 0.18$.

5. SIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian sistem kendali temperature minyak goreng dengan menggunakan termokopel tipe K sebagai pembaca temperaturnya dapat disimpulkan bahwa saat percobaan tanpa menggunakan kontrol PI terdapat *overshoot* sampai lebih dari 10⁰C, Sedangkan system kendali dengan kontrol PI diperoleh hasil yang stabil dengan nilai temperatur disekitar *setpoint* yaitu pada suhu 170⁰C, sehingga dapat disimpulkan alat kendali temperatur minyak goreng ini stabil ketika menggunakan kontrol PI dengan nilai dari K_p dan K_i yang diperoleh adalah K_p sebesar 11.25 dan K_i sebesar 0.18.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] I. Fitriatno, "Rancang Bangun Sistem Kompor Dengan Kontrol Suhu Terprogram Berbasis Mikrokontroller Sebagai Panduan Memasak," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [2] F. Febriyanto, "SISTEM KENDALI KOMPOR GAS OTOMATIS MENGGUNAKAN ARDUINO UNO," *J. PERENCANAAN, SAINS DAN Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 821–826, 2021.
- [3] A. A. Yana, M. A. Muslim, and E. Yudaningtyas, "Metode Root Locus Untuk Mencari Parameter PID Dalam Pengendalian Posisi Stamping Rod Berbasis Pneumatic Menggunakan Arduino Uno," *J. Mhs. TEUB*, vol. 2, no. 3, 2014.
- [4] A. Andreas, G. Priyandoko, and F. Hunaini, "Kendali Kecepatan Motor Pompa Air Dc Menggunakan PID--CSA Berdasarkan Debit Air Berbasis Arduino," *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 1, no. 01, pp. 1–14, 2020.
- [5] A. Rachman, Z. Arifin, and S. Maharani, "Sistem Pengendali Suhu Ruangan Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Air Conditioner (AC) Dan NodeMCU V3 ESP8266," in *Prosiding SAKTI (Seminar Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi)*, 2020, vol. 5, no. 1, pp. 19–23.
- [6] S. Saminto, U. Margono, I. Aziz, and S. Riyanto, "UJI FUNGSI ALAT PENGENDALI SUHU TIPE

- TZ4ST-R4C SEBAGAI PERANGKAT PENGKONDISIAN SINYAL,” in *PROSIDING SEMINAR PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan*, 2012, pp. 387–392.
- [7] B. Li and J. Lei, “Design of industrial temperature monitoring system based on single chip microcontroller,” in *2011 International Conference on Computer Science and Service System (CSSS)*, 2011, pp. 342–344.
- [8] M. Yahya, D. Erwanto, and others, “Klasifikasi Aroma Teh Dengan Menggunakan Sensor Gas Berbasis Arduino Uno,” *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 02, pp. 115–127, 2021.
- [9] N. S. Devi, D. Erwanto, and Y. B. Utomo, “Perancangan Sistem Kontrol Suhu Dan Kelembaban Pada Ruangan Budidaya Jamur Tiram Berbasis IoT,” *MULTITEK Indones.*, vol. 12, no. 2, p. 104, Dec. 2018, doi: 10.24269/mtkind.v12i2.1331.
- [10] M. Lamatenggo, I. Wiranto, and W. Ridwan, “Perancangan Balancing Robot Beroda Dua Dengan Metode Pengendali PID Berbasis Arduino Nano,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 39–43, 2020.
- [11] E. R. Oktaria, G. E. Setyawan, and W. Kurniawan, “Sistem Kendali Jarak Tempuh Quadcopter Menggunakan Metode Proportional Integral Derivative,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. e-ISSN*, vol. 2548, p. 964X, 2018.