

Perancangan Sistem Kontrol Suhu Oven Listrik Menggunakan Metode PID

Design of Electric Oven Temperature Control System Using PID Method

Muhammad Irsyad Awaludin*, Bakti Dwi Waluyo

Universitas Negeri Medan, Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan 20221 Sumatera Utara

Email*: irsyadawaludin52@gmail.com

Abstrak – Dalam dunia modern yang dipenuhi dengan beragam kebutuhan dapur, oven telah menjadi perangkat esensial untuk memenuhi berbagai persyaratan memasak. Ketersediaan oven dengan berbagai ukuran, daya operasional, dan hasil panas menjadi kunci dalam mencapai hasil memasak yang optimal. Namun, kendali suhu pada sebagian besar oven masih mengandalkan sistem *on-off* sederhana, yang mungkin tidak sepenuhnya efektif dalam menjaga suhu secara stabil dan akurat. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif untuk meningkatkan performa oven, khususnya dalam mencapai dan mempertahankan suhu yang diinginkan oleh pengguna. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan hasil oven dengan suhu stabil sesuai dengan keinginan pengguna atau parameter suhu yang diinginkan oleh pengguna. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah PID dengan pencarian nilai konstanta dengan metode *trial* dan *error*, dimana berdasarkan hasil pengujian performa oven pada *temperature* 50°C, 60°C, dan 70°C, didapatkan informasi bahwa *overshoot* didapatkan secara berurutan 30%, 25%, dan 14%. Maka, *overshoot* yang paling besar pada *setpoint* 50°C dan yang paling kecil pada *setpoint* 70°C. Berdasarkan tiga pengujian pada *setpoint* yang berbeda, *setpoint* dapat mengikuti *output* aktual (*settling time*) pada waktu 2000 detik.

Kata kunci: Oven, Kontrol PID, *Trial and Error*

Abstract - In a modern world filled with diverse kitchen needs, ovens have become an essential device to fulfill various cooking requirements. The availability of ovens of various sizes, operational power, and heat output is key in achieving optimal cooking results. However, temperature control in most ovens still relies on a simple on-off system, which may not be fully effective in maintaining a stable and accurate temperature. Therefore, an innovative approach is needed to improve oven performance, particularly in achieving and maintaining the temperature desired by the user. The purpose of this research is to obtain oven results with stable temperatures in accordance with the user's wishes or temperature parameters desired by the user. The method used in this research is PID with the search for constant values by trial and error method, where based on the results of testing the oven's performance at temperatures of 50 ° C, 60 ° C, and 70 ° C, information is obtained that the overshoot is obtained sequentially 80%, 60%, and 15%. Thus, the largest overshoot is at the 50°C setpoint and the smallest at the 70°C setpoint. Based on three tests at different setpoints, the setpoint can follow the actual output (*settling time*) at 2000 seconds.

Keywords: Oven, PID Control, *Trial and Error*

I. PENDAHULUAN

Sistem kendali atau pengendalian merupakan suatu unsur yang tidak terpisahkan dan penting dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan sistem kendali melibatkan berbagai bidang, mulai dari pengendalian pesawat, robot, suhu ruangan hingga mesin cuci dan lain sebagainya. Tujuan utama penerapan sistem pengendalian adalah untuk menciptakan proses yang stabil, akurat dan tepat

waktu. Secara umum, sistem kendali menggambarkan interaksi antara berbagai komponen yang membentuk suatu sistem untuk menghasilkan respon sistem yang diinginkan. Jenis sistem kendali dapat dibedakan menjadi manual (keterlibatan pengguna langsung) dan otomatis (pengendalian otomatis). [1].

Penerapan kontrol otomatis memiliki banyak manfaat bagi manusia. Selain mempercepat alur

kerja, sistem kendali otomatis juga mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan manusia (human error). Contoh penggunaan sistem kendali otomatis adalah pengaturan suhu oven. Pengendalian suhu oven sering mendapat perhatian karena kestabilannya. Setiap oven mempunyai sistem kendali standar yang disesuaikan dengan kebutuhan dan tujuannya. Sistem kendali suhu oven perlu dirancang untuk menjaga kestabilan suhu yang diperlukan. Desain harus mampu merespons masukan suhu yang diperlukan dan merespons kesalahan suhu yang terdeteksi. [2].

Sudah tersebar luas produk oven yang melengkapi persyaratan yang berlainan, yaitu ukuran, daya yang digunakan pada saat beroperasi, dan hasil panas yang di hasilkan, untuk mendapatkan hasil yang sesuai dari oven wajib di ketahui dari karakteristik pemanas, dan bentuk oven. Saat mengembangkan model fisik dan matematika, penyesuaian pengendalian perangkat ini disiapkan untuk memenuhi persyaratan berbagai bidang teknik. Namun sebagian besar oven saat ini masih mengandalkan sistem kontrol on-off.[3]

Sistem kendali *on-off* mempunyai kelemahan, salah satunya adalah kestabilan tidak dapat dicapai karena tidak pernah mencapai set point dan hanya dapat bertahan pada rentang di sekitar set point tersebut. [4]

Pengendalian *Proportional Integral Derivative* (PID) merupakan suatu pengontrol yang terdiri dari konfigurasi standar K_p , K_i dan K_d yang nilainya dapat ditetapkan atau diatur ulang untuk mencapai hasil atau kecepatan yang diinginkan. Tujuannya adalah untuk mencapai ketangkasan dan stabilitas yang baik serta meminimalkan tingkat kesalahan [5].

Saat ini banyak penelitian yang menerapkan kontrol PID ke dalam oven, diantaranya penelitian tentang oven otomatis untuk memanggang kue bolu marmer PID [6]. disini penelitian ini menggunakan pid sebagai pengontrol suhu pada oven untuk memanggang kue bolu marmer. Kemudian penelitian selanjutnya mengenai penelitian tentang kontrol adaptasi PID pada solder oven untuk komponen SMD [7]. Disini kontrol PID digunakan untuk mengontrol suhu dalam oven untuk pelelehan timah solder pada PCB. Kemudian penelitian selanjutnya penelitian tentang Sistem kontrol Suhu pada alat pengering kopra dengan metode PID [8]. Dimana dalam penelitian ini membahas tentang pembuatan alat kontrol suhu

untuk alat pengering kopra dengan menggunakan kendali PID sebagai pengendalinya. Kemudian penelitian selanjutnya mengenai penelitian tentang perancangan kontrol suhu berbasis PID dengan Metode Ziegler Nichols 1 pada oven listrik [9]. Dimana dalam penelitian ini membahas tentang perancangan kendali suhu pada oven listrik portabel dengan menggunakan Ziegler Nichols sebagai metode kontrol PID. Kemudian penelitian selanjutnya penelitian tentang implementasi kontrol PID pada mesin pengembang Roti [10]. Dimana dalam penelitian ini membahas tentang pembuatan alat *proofing* untuk pengembang roti. Dimana pada tahap pengembangan adonan roti ini dibutuhkan suhu yang stabil. Penelitian sebelumnya tidak menerapkan delphi 7 dalam menyajikan hasil data dan mengatur *setpoint* pada mikrokontroler. Sehingga pada penelitian ini akan menggunakan delphi 7 sebagai menampilkan hasil data dan mengatur *setpoint* secara real-time. Maka dari itu dibutuhkan sistem kontrol dengan menggunakan kontrol PID dalam melakukan penelitian ini.

Namun pada penelitian ini sistem kendali yang digunakan menggunakan PID dengan variabel KP-KI-KD menggunakan parameter output yang dihasilkan sistem. Hal ini dikarenakan perhitungan matematis dari sistem pemanas tidak disertakan oleh pabrik [11].

Bedasarkan latar belakang dan referensi dari Penelitian yang telah dilakukan ini memiliki tujuan untuk membuat sebuah prototipe oven dengan menggunakan kendali PID. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil oven dengan suhu stabil sesuai dengan keinginan pengguna atau parameter suhu yang diinginkan oleh pengguna.

II. METODOLOGI

Penelitian ini dibuat dengan mengumpulkan dan mempelajari literatur yang sudah diterbitkan dan informasi yang telah diperoleh. Untuk mendukung keberhasilan bekerjanya penelitian dilakukannya pembelajaran teori-teori dasar yang digunakan dan data-data komponen yang akan dipakai. Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak dilaksanakan setelah mempelajari dan memahami literatur dan dilanjutkan pembelian dan pengumpulan beberapa komponen yang dirancang. Pengujian dan analisa hasil rancang bangun alat ini ditampilkan pada bagian akhir dari penelitian.

Dalam penelitian ini, pendekatan *trial-and-error* digunakan untuk metode PID. Selama proses

pengujian, nilai parameter diuji berulang kali hingga ditemukan kinerja kontrol PID yang optimal [12][13]. Pengendalian suhu pada oven dilakukan dengan menggunakan sistem PID untuk menjaga kestabilan suhu sesuai nilai yang ditetapkan yang dibutuhkan pengguna.

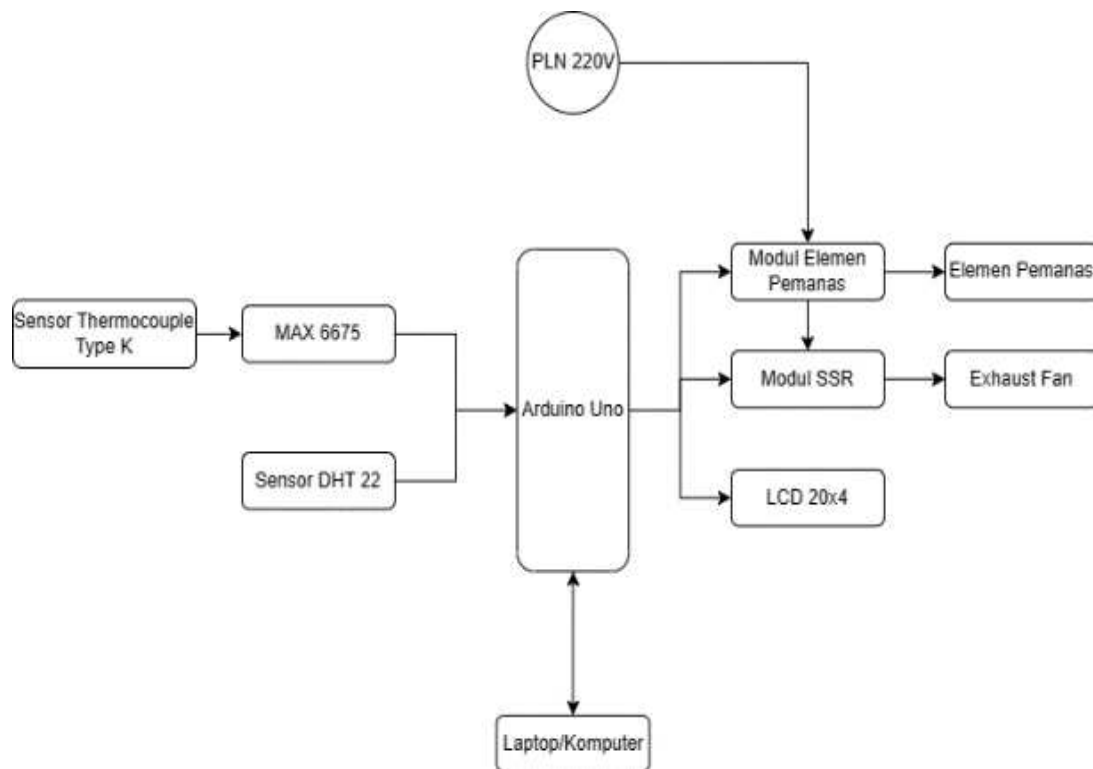
A. Perancangan Blok Diagram Alat

Perancangan blok diagram alat bisa dilihat pada **Gambar 1**, yang menunjukkan bahwa blok diagram kerja dari oven sistem kontrol suhu metode pid. Adapun keterangan dari **Gambar 1** sebagai berikut. AC 220V berfungsi sebagai pasokan tegangan untuk elemen pemanas dan exhaust fan, arduino uno mikrokontroller berfungsi sebagai pengatur kerja dan pengirim data dari oven sistem kontrol suhu metode PID. Sensor *thermocouple Type K* berfungsi sebagai pembaca suhu pada oven. Max 6675 berfungsi sebagai mengonversikan pembacaan sensor *thermocouple* ke digital. Sensor DHT 22 berfungsi sebagai membaca kelembaban pada oven. Laptop/Komputer berfungsi sebagai penampil pembacaan data suhu kelembaban yang dikirim dari mikrokontroller, pengaturan setpoint suhu dan sebagai input daya bagi mikrokontroller. Driver Elemen pemanas berfungsi sebagai driver *On/Off*

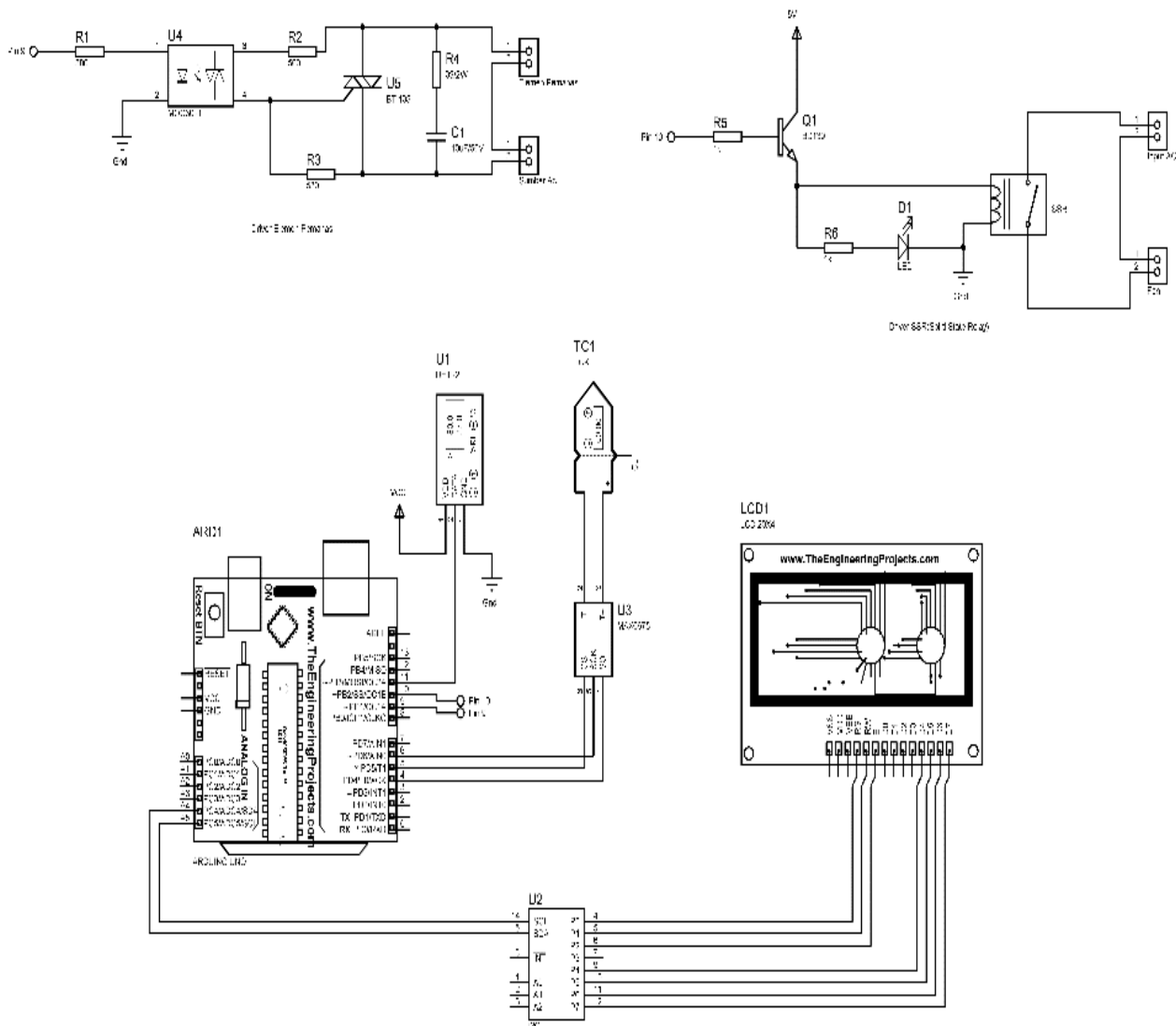
elemen pemanas. Elemen pemanas berfungsi untuk memanaskan Oven. Driver SSR berfungsi Sebagai Driver *On/Off Exhaust Fan*. *Exhaust Fan* berfungsi untuk membuang hawa panas berlebih dalam oven. LCD 20x4 berfungsi Untuk menampilkan *display text* suhu, kelembaban, *setpoint*, dan KP-KI-KD.

B. Desain Hardware

Secara umum perancangan sistem oven kontrol suhu metode PID dilihat pada **Gambar 2**. **Gambar 2** menyatakan bahwa *input* dari mikrokontroler adalah 2 sensor yaitu sensor kelembaban dan sensor *thermocouple type k*, dimana sensor kelembaban terhubung pada pin 11 dan untuk sensor *thermocouple type k* terhubung ke Driver max 6675 dari Driver ini dihubungkan pin 6, 5, dan 4 pada arduino. Sementara untuk *output* dari mikrokontroler yakni Driver SSR terhubung ke pin 10 dan untuk Driver elemen pemanas dibutuhkan PIN yang mengeluarkan sinyal PWM, maka dari itu digunakan pin 9 karena pada pin 9 bisa mengeluarkan sinyal PWM. LCD pada perancangan ini terhubung melalui pin SDA dan SCL dikarenakan menggunakan Driver I2C sebagai komunikasi antara LCD dengan Arduino.

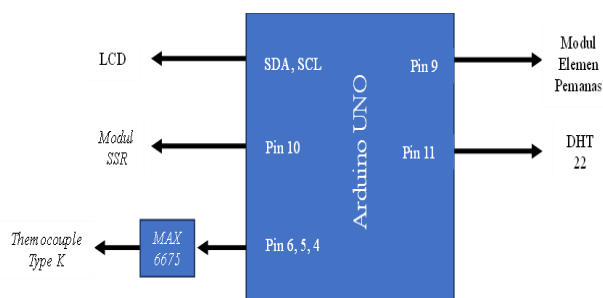


Gambar 1. Blok Diagram Oven Sistem Kontrol Suhu Metode PID



Gambar 2. Rangkaian Rancang Bangun Oven

Adapun alokasi penggunaan pin pada rangkaian mikrokontroler Arduino Uno dapat dilihat pada **Gambar 3**.

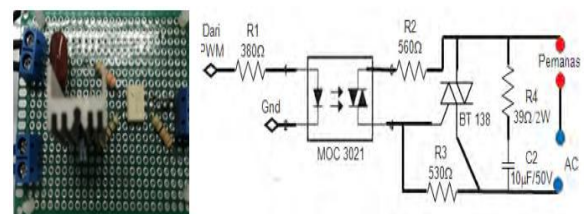


Gambar 3. Alokasi Port Arduino Uno.

C. Rangkaian Driver Elemen Pemanas

Driver elemen pemanas ini dirancang untuk mengontrol intensitas panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas melalui pulsa PWM. Sirkuit ini menggunakan IC MOC3021 dan terdiri dari LED

dan Triac yang diisolasi secara individual. Triac ada untuk mencapai isolasi yang aman dari mikrokontroler. Detail desain dan skema rangkaian ditunjukkan pada **Gambar 4**.

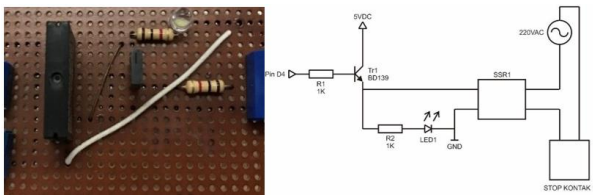


Gambar 4. Rangkaian Driver Elemen Pemanas

D. Rangkaian Driver Solid State Relay (SSR)

Driver *Solid State Relai* (SSR) yang berfungsi sebagai pengendali *exhaust fan*, jika data bernilai 0 *exhaust fan*, sebaliknya jika data bernilai 1 *exhaust fan*

fan. Berikut ini adalah desain dan rangkaian pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Driver Solid State Relay (SSR)

E. Desain Software

Dengan menggunakan pemrograman bahasa C dan *compiler* Arduino IDE, dilakukan perancangan perangkat lunak sistem pengontrol suhu oven dengan metode PID. Selain itu untuk monitoring dan pengaturan set point digunakan aplikasi Borland Delphi 7. Berikut ini desain *software monitoring* pada **Gambar 6**.

Pada *flowchart* **Gambar 6** menjelaskan sistem kerja dari aplikasi *monitoring* oven sistem kontrol suhu metode PID menggunakan delphi 7. Ketika aplikasi dibuka dan pilih *port* kemudian memilih *setpoint* yang ingin di uji coba dan *output* dari *monitoring* sensor suhu, kelembaban dan *setpoint* akan di munculkan di grafik aplikasi, hasil pembacaan tersebut akan dilanjutkan ke *stringrid* untuk dilakukan penyortiran data, data buat hasil pembacaan sensor suhu, data hasil pembacaan sensor kelembaban, dan data *setpoint* akan dipisah disini. Jika grafik pembacaan responsif maka data yang dari *stringrid* akan di save menggunakan ekstensi excel dan jika hasil grafik menyatakan tidak responsif maka harus menyetting ulang *setpoint*. Ketika sudah menyimpan akan ada pemberitahuan bahwasanya hasil simpan telah siap di simpan maka menandakan proses *monitoring* telah selesai.

F. Perancangan Sistem Kontrol PID

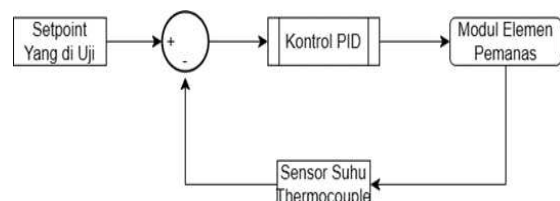
Desain pengontrol PID mencakup banyak jenis tindakan pengendalian, termasuk tindakan pengendalian proporsional, integral, dan turunan. Setiap tindakan pengendalian mempunyai keunggulan uniknya masing-masing, dan tindakan pengendalian proporsional mempunyai keuntungan berupa waktu naik yang lebih cepat [14][15]. Berikut ini blok diagram Sistem PID dapat dilihat pada **Gambar 7**.

Dalam diagram blok **Gambar 7**, sistem diuji menggunakan *setpoint* suhu (misalnya, 37°C). Jika suhu di bawah 37°C, PWM driver pemanas akan memiliki nilai antara 1 dan 255, memulai proses pemanasan di dalam oven. Sebaliknya jika suhu melebihi 37°C maka PWM penggerak pemanas

akan bernilai 0 sehingga proses elemen pemanas di dalam oven terhenti, sedangkan exhaust fan akan aktif untuk membuang panas berlebih. Cara ini menggunakan kontrol PID untuk menjaga suhu di dalam oven tetap stabil.



Gambar 6. Flowchart Diagram Aplikasi Monitoring oven menggunakan delphi 7



Gambar 7. Blok Diagram Sistem PID

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini berhasil mendapatkan rancangan dari oven dengan menggunakan metode PID sebagai sistem kontrolnya yang dapat dimonitoring dan kontroling dengan menggunakan aplikasi delphi 7 yang dijalankan melalui PC dan juga berhasil mendapatkan sebuah prototipe oven yang dijelaskannya pada **Gambar 2** tentang alur

perencanaan proses penyambungan komponen menjadi sebuah rangkaian perangkat piranti yang saling terhubung dan terintegrasi menjadi sebuah oven yang menggunakan sistem kontrol PID. Hasil akhir dari oven Bisa diamati pada **Gambar 8** berikut ini.



Gambar 8. Rancang Bangun Oven Metode PID

Pada **Gambar 8** desain perancangan komponen telah tersambung dan berhubungan satu sama lain sesuai tabel pin yang dipaparkan di **Gambar 2**. Dan siap menjalankan perintah. Terdapat pada **Gambar 9**, **Gambar 10**, dan **Gambar 11**. Penampakan oven dari sisi dalam, sisi belakang dan sisi depan pada oven.

Dari **Gambar 8**, **Gambar 9**, **Gambar 10**, dan **Gambar 11** Komponen yang terpasang seperti Arduino Uno, Sensor *thermocouple Type K*, Max 6675, Sensor DHT 22, Driver Elemen pemanas, Elemen pemanas, Driver SSR, *Exhaust Fan*, dan LCD 20x4

Pada tahap implemetasi pada penelitian ini tentang Rancang Bangun Oven dengan sistem kontrol suhu Metode PID dilakukan beberapa uji sistem. Secara umum, pengujian sistem ini dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu, pengujian kalang terbuka, Pengujian kontrol *On-OFF*, pengujian dengan sistem kontrol metode PID, dan Pengujian perbandingan suhu dengan kelembapan.

A. Pengujian Kalang Terbuka

Untuk memahami karakteristik perangkat dan suhu yang perlu disesuaikan, pengujian dilakukan dalam kondisi loop terbuka. Tes *loop* terbuka ini dilakukan dengan mengirimkan nilai siklus kerja 100% ke driver pemanas. Respon tes *loop* terbuka ditunjukkan pada **Gambar 12**.



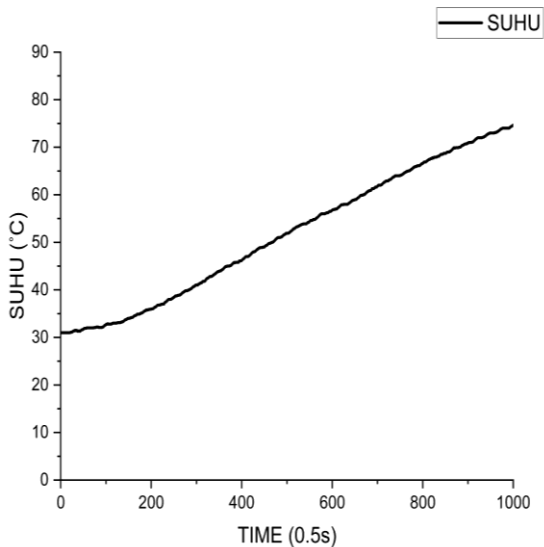
Gambar 9. Rancang Bangun Oven Metode PID Tampak dari Sisi Dalam



Gambar 10. Rancang Bangun Oven Metode PID Tampak dari Sisi Depan



Gambar 11. Rancang Bangun Oven Metode PID Tampak dari Sisi Belakang



Gambar 12. Grafik Respon Kalang Terbuka

Pengujian respons sistem dalam kondisi *open loop* dimulai pada waktu 0 detik dan berhenti pada waktu 1000 detik. Hasil pengujian loop terbuka menunjukkan bahwa ketika PWM diatur ke 255 dan suhu awal 30,5°C, suhu udara dalam oven stabil pada 75°C setelah 1000 detik.

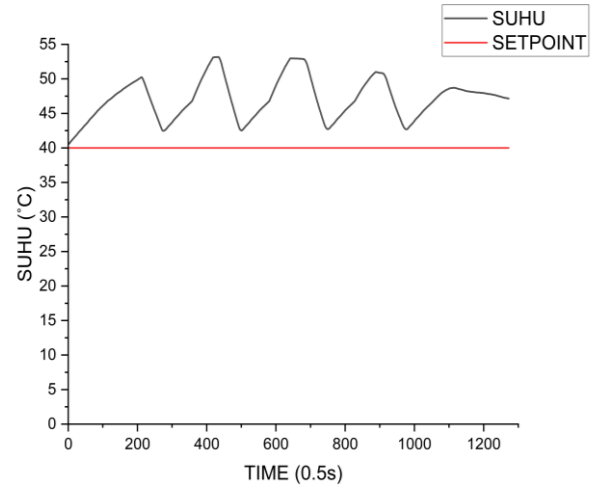
B. Pengujian Kontrol On-Off

Pengujian kontrol *on-off* dilaksanakan terhadap penelitian Rancang Bangun Oven dengan sistem kontrol suhu Metode PID. Sesuai dengan penjelasan sebelumnya, nilai setpoint dalam pengujian ini adalah 40 °C untuk mode pemanas. Pengujian ini dapat dilihat pada **Gambar 13** dalam berbentuk respon sistem. Dari *output* yang dipaparkan pada **Gambar 13**, hasil pengujian kontrol on-off adalah berosilasi.

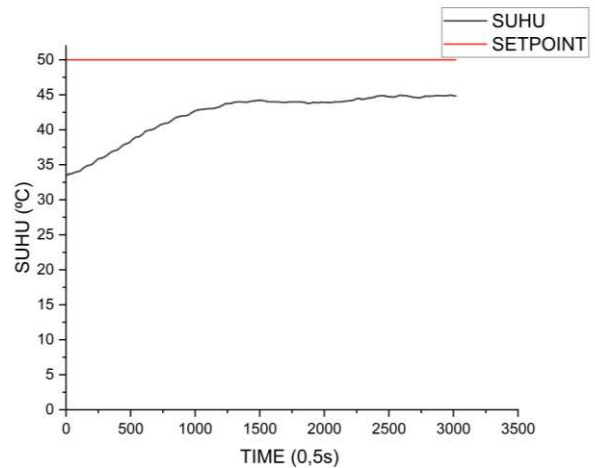
C. Pengujian dengan Sistem Kontrol Metode PID

1) Implementasi Kontrol PID

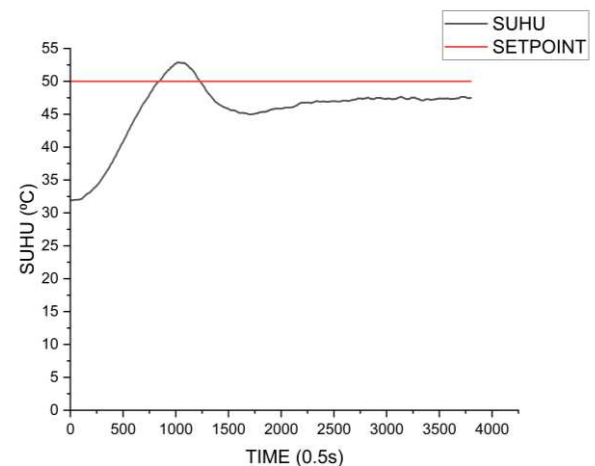
Dalam implementasi kontrol PID, terdapat empat langkah. Langkah pertama melibatkan pemberian input nilai *gain proporsional* dengan variasi pada sistem. Variasi nilai K_p dimulai dari 3, 10, dan 20, dengan menetapkan parameter K_i sebesar 0 dan K_d sebesar 0. Hasil dari implementasi akan di tampilkan dalam bentuk grafik pada **Gambar 14**, **Gambar 15**, dan **Gambar 16**.



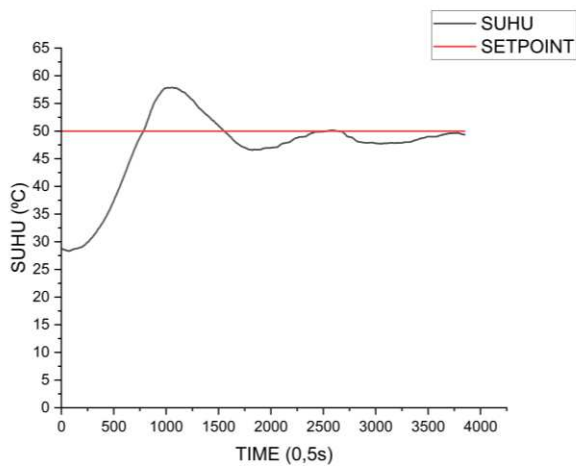
Gambar 13. Grafik Respon Kontrol On-Off



Gambar 14. Grafik Respon Sistem dengan P=3



Gambar 15. Grafik Respon Sistem dengan P=10



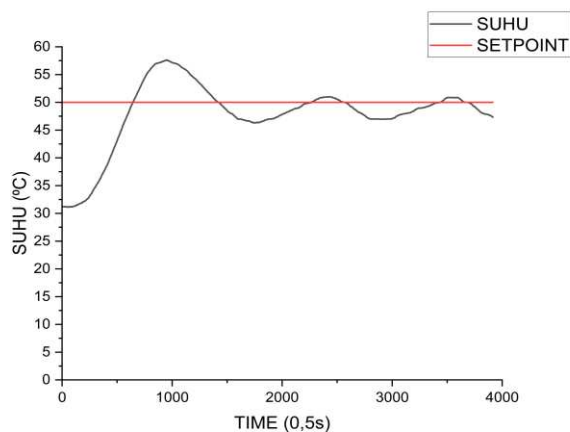
Gambar 16. Grafik Respon Sistem dengan P=20

Tabel I. Hasil Respon Sistem Parameter P

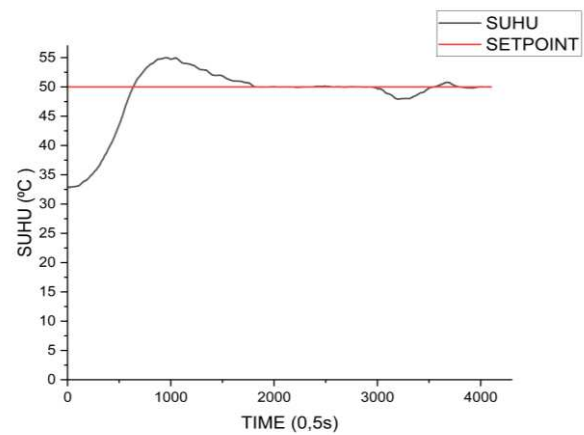
No	Kp	Ki	Kd	Setpoint	Keterangan
1	3	0	0	50	<i>Overdamping</i>
2	10	0	0	50	<i>Overshoot Kecil</i>
3	20	0	0	50	<i>Overshoot, Osilasi</i>

Berdasarkan yang dihasilkan pada implementasi ini yang bisa dibuktikan pada Gambar 14, Gambar 15, dan Gambar 16 serta Tabel I bahwa dapat diambil kesimpulan nilai gain terbaik adalah saat $K_p=20$, $K_i=0$, $K_d=0$. Dari pengujian ini terlihat bahwa sistem mencapai stabilitas dengan menggunakan kontrol P dan nilai K_p yang diterapkan sebesar 20.

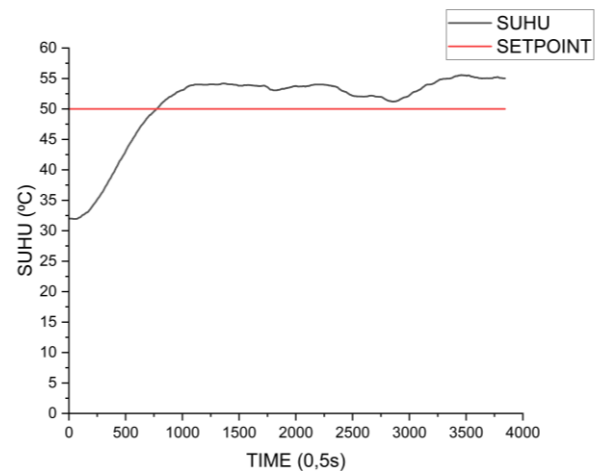
Selanjutnya pada langkah implementasi selanjutnya, sambil mengubah nilai K_d pada sistem, dilakukan upaya untuk mendapatkan nilai parameter K_d dengan tetap menggunakan nilai K_p yang telah ditentukan konstan. Hasil dari implementasi akan di tampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 17, Gambar 18, dan Gambar 19.



Gambar 17. Grafik Respon Sistem Dengan P=20 dan D=0.01



Gambar 18. Grafik Respon Sistem Dengan P=20 dan D=50



Gambar 19. Grafik Respon Sistem Dengan P=20 dan D=100

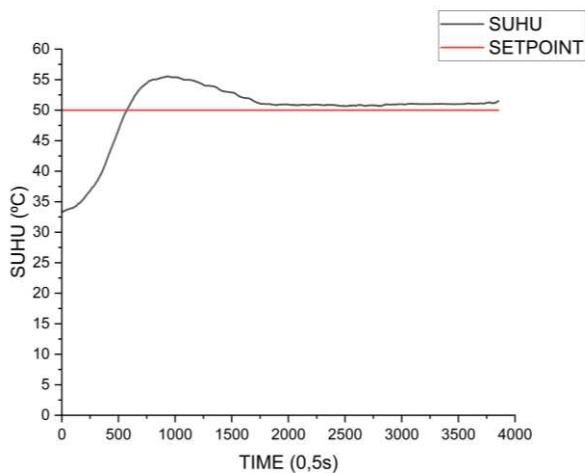
Tabel II. Hasil Respon Sistem Parameter PD

NO	Kp	Ki	Kd	Setpoint	Keterangan
1	20	0	0.01	50	<i>Overhoot, osilasi</i>
2	20	0	50	50	<i>Overshoot Kecil, stable</i>
3	20	0	100	50	<i>Overshoot, besar</i>

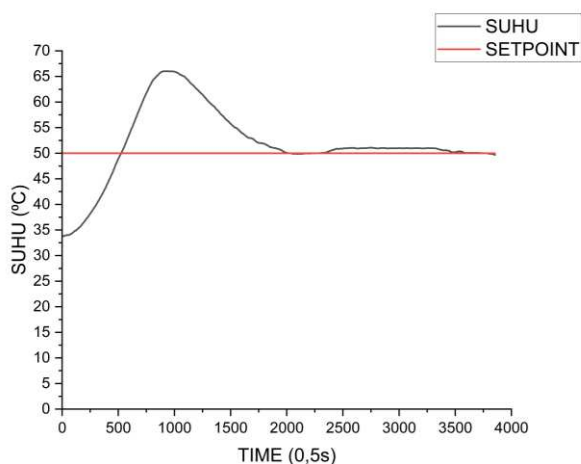
Dengan merujuk pada data yang dihasilkan dalam implementasi ini, yang dapat dilihat pada Gambar 17, Gambar 18, dan Gambar 19, bersama dengan Tabel II, disimpulkan bahwa respons sistem terbaik pada pengujian kontrol PD terjadi ketika parameter K_d disetel sebesar 50. Hal ini terlihat dari penurunan overshoot dibandingkan dengan implementasi sebelumnya.

Langkah berikutnya dalam implementasi kontrol PID bertujuan untuk mengevaluasi apakah parameter K_d dapat meningkatkan performa sistem. Implementasi dilakukan dengan

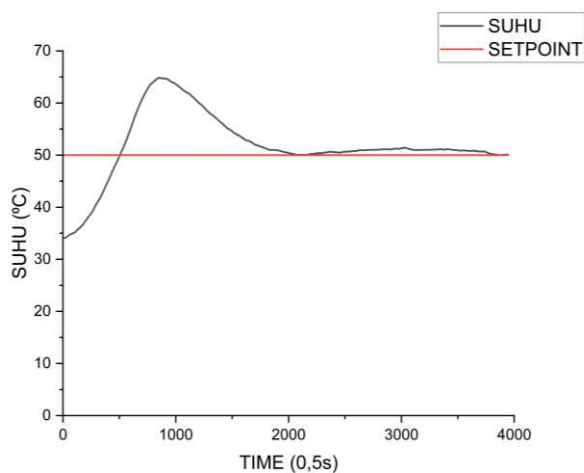
menggunakan nilai K_p dan K_d yang tetap, sementara nilai K_i diberikan variasi. Hasil dari implementasi akan di tampilkan dalam bentuk grafik pada **Gambar 20**, **Gambar 21**, dan **Gambar 22**.



Gambar 20. Grafik Respon Sistem Dengan $P=20$, $I=0.01$ dan $D=50$



Gambar 21. Grafik Respon Sistem Dengan $P=20$, $I=0.4$ dan $D=50$

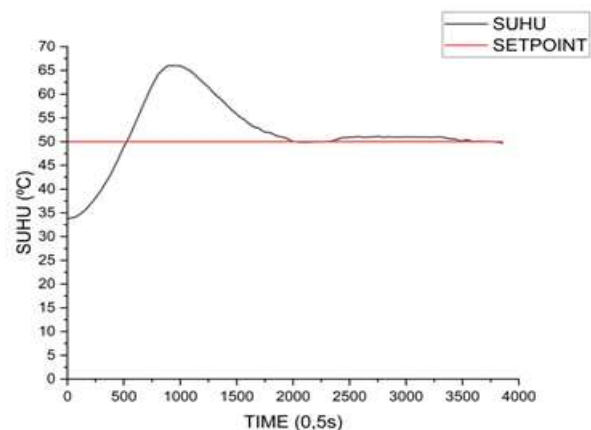


Gambar 22. Grafik Respon Sistem Dengan $P=20$, $I=2.5$ dan $D=50$

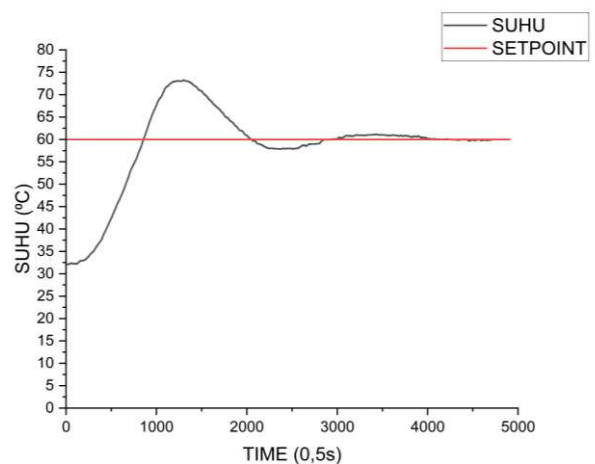
No	K_p	K_i	K_d	Setpoint	Keterangan
1	20	0.01	50	50	<i>Overshoot, error steady state</i>
2	20	0.4	50	50	<i>Overshoot, stabil</i>
3	20	2.5	50	50	<i>Overshoot, error steady state</i>

Dari hasil data yang diperoleh dalam implementasi ini, terlihat pada **Gambar 20**, **Gambar 21**, dan **Gambar 22**, serta **Tabel II**, dapat disimpulkan bahwa konstanta yang memberikan stabilitas adalah $K_p=20$, $K_i=0.4$, dan $K_d=50$.

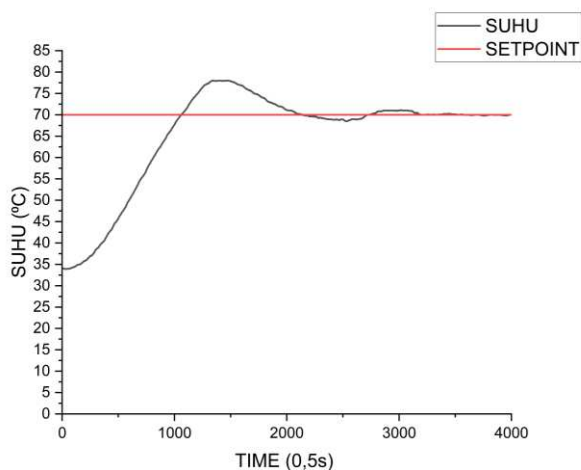
Pada tahap terakhir, pengimplementasian $K_p=20$, $K_i=0.4$, dan $K_d=50$ terhadap perubahan setpoint suhu, dilakukan dengan 4 pengujian dengan temperature 50°C, 60°C, dan 70°C. Hasil dari implementasi akan di tampilkan dalam bentuk grafik pada **Gambar 23**, **Gambar 24**, dan **Gambar 25**.



Gambar 23. Grafik Respon Sistem Dengan setpoint 50°C



Gambar 24. Grafik Respon Sistem Dengan setpoint 60°C



Gambar 25. Grafik Respon Sistem Dengan setpoint 70°C

Tabel IV. Hasil Respon Sistem Terhadap Perubahan Setpoint

NO	Kp	Ki	Kd	Setpoint	Keterangan
1	20	0.01	50	50	<i>Overshoot</i> , stabil
2	20	0.4	50	60	<i>Overshoot</i> , stabil
3	20	2.5	50	70	<i>Overshoot</i> , stabil

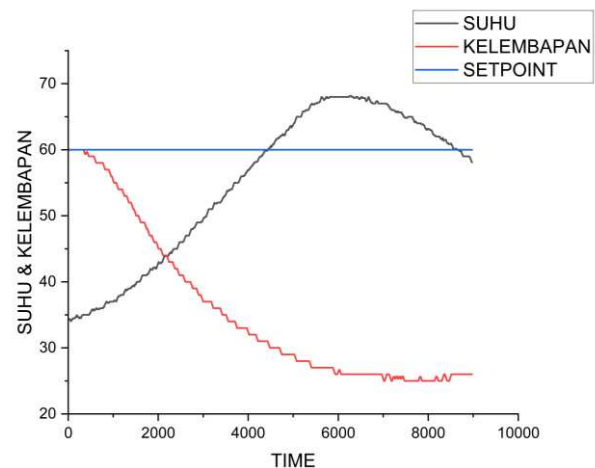
Dari hasil data yang diperoleh dalam implementasi ini, terlihat pada **Gambar 23**, **Gambar 24**, dan **Gambar 25** serta **Tabel IV**. Meskipun terdapat overshoot yang signifikan pada *setpoint* 50°C dan 60°C, sistem berhasil mengendalikan suhu dengan baik. Namun, overshoot menjadi lebih kecil ketika *setpoint* diatur pada nilai yang lebih tinggi, yaitu 70°C. jika di konversi menjadi persentase maka *overshoot* dihasilkan secara berurutan 30%, 25%, dan 14%. Dari **Gambar 23**, **Gambar 24**, dan **Gambar 25** sudah menunjukkan bahwasanya kontrol PID lebih stabil.

Hal ini berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh yuliarmas dkk dengan judul penelitian implementasi kontrol PID pada mesin pengembang roti [10]. Bahwa hasil respon pada penelitian tersebut cenderung kurang stabil ketimbang pada penelitian ini.

D. Pengujian Perbandingan Suhu dengan Kelembapan

Untuk mengetahui karakteristik perbandingan suhu dengan kelembapan, maka dilakukan pengujian dengan kontrol metode PID. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara suhu dan kelembapan dalam oven. Respon

pengujian ini diperlihatkan seperti pada **Gambar 26**.



Gambar 26. Respon Suhu dan Kelembapan

Dari hasil **Gambar 26** menunjukkan apabila dilihat dari bentuk grafik antara suhu dan Kelembapan di atas menunjukkan adanya hubungan berbanding terbalik. Hubungan sebanding antara suhu udara dan kelembapan terlihat, di mana semakin tinggi suhu udara, semakin rendah nilai kelembapan, begitu juga sebaliknya. Bahwasan nya respon suhu dan respon kelembapan berbanding terbalik.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu rancang bangun oven dengan sistem kontrol metode PID dan monitoring dengan aplikasi borlande delphi 7. Sensor yang digunakan *thermcouple Type K* sebagai sensor suhu, sensor DHT 22 sebagai sensor Kelembapan, dan arduino Uno sebagai *mikrokontroler* utama. Aplikasi untuk *monitoring* menggunakan Delphi 7 yang dikirimkan oleh Arduino uno dalam bentuk tipe data *string*. Pada aplikasi monitoring akan menampilkan grafik suhu, setpoint, dan kelembapan pada oven secara *real-time*. Hasil dari pembacaan sensor dapat disimpan dengan ekstensi excel agar mudah dianalisis datanya.

Dari hasil pengumpulan data, uji coba kontrol PID menunjukkan respons sistem yang lebih baik jika dibandingkan dengan kontrol on-off. Pada penelitian ini didapat hasil suhu stabil berkisar di setpoint 50 derajat, 60 dan 70 derajat walaupun di ketiga *setpoint* tersebut masih terjadinya *overshoot*. Dengan ditemukan nilai konstanta PID yang optimal yaitu $Kp = 20$, $Ki = 0.4$, dan $Kd = 50$. Perlu dicatat bahwa suhu dan kelembapan

menunjukkan hubungan berbanding terbalik, di mana semakin tinggi suhu udara, semakin rendah nilai kelembaban, dan sebaliknya. Kesimpulannya, respons suhu dan kelembapan bersifat berlawanan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Firdaus and W. Zulfikar, "Pengontrol Suhu Ruangan menggunakan Metode PID Room Temperature Controller uses the PID," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–12, 2016.
- [2] S. Kanagalakshmi, D. Manamalli, and M. Mohamedrafiq, "Implementation of Multimodel-Based PID and Intelligent Controller for Simulated and Real-Time Temperature Control of Injection Molding Machine," *Chem. Eng. Commun.*, vol. 203, no. 4, pp. 452–462, Apr. 2016, doi: 10.1080/00986445.2015.1023299.
- [3] Subandi, Suparman, and Sukiyadi, "Modifikasi OvenBekas sebagai Alat Pengering Multi Fungs," *TekTan; J. Ilm. Tek. Pertan.*, vol. 7, no. 2, pp. 77–144, 2015.
- [4] D. Hidayat, M. Rahmatika, N. S. Syaifei, and B. Y. Tumbelaka, "Simulasi Pengontrol On/Off pada Sistem Kendali Umpan Balik dengan Model Fisis Elektronik," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 4, no. 1, pp. 43–53, 2018, doi: 10.15575/telka.v4n1.43-53.
- [5] A. R. J. Wiriawan, "Motor DC Speed Adjustment By Propotional Integral Derivative (PID) Based on LabView," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 13–24, 2016, doi: 10.34010/telekontran.v4i2.1886.
- [6] Kartika, S. Roswaldi, Julsam, Mulyadi, and Misriana, "Oven Otomatis Untuk Memanggang Kue Bolu Marmer Berbasis PID," *Proceding Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe*, vol. 3, no. 1, pp. 193–200, 2019.
- [7] W. Muldayani, D. A. Pribadi, C. S. Sarwono, Sumardi, I. Fibriani, and Widjonarko, "Kontrol Adaptasi Pid Pada Solder Oven Untuk Komponen Smd," *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 6, no. 3, p. 58, 2020, doi: 10.19184/jaei.v6i3.19471.
- [8] Anton, I. Joi, and R. Syafriwandi, "Sistem Pengontrol Suhu Pada Alat Pengering Kopra Dengan Metode PID," *Elektron J. Ilm.*, vol. 11, no. 1, pp. 14–17, 2019, doi: 10.30630/eji.11.1.95.
- [9] M. I. Annafi, A. Syakur, and A. A. Z. M., "Perancangan Kontrol Suhu Berbasis PID dengan Metode Ziegler Nichols 1 pada Oven Listrik," *TRANSIENT*, vol. 12, no. 1, pp. 31–38, 2023.
- [10] N. Yuliarmas, S. Aisyah, and H. Toar, "Implementasi Kontrol PID pada Mesin Pengembang Roti," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 3, pp. 109–113, 2015, doi: 10.17529/jre.v11i3.2304.
- [11] S. Rahmani, S. A. Rosana, and G. H. Tian, "PENGAPLIKASIAN KONTROLER PID PADA SISTEM KONTROL LEVEL KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN MATLAB APPLICATION OF PID CONTROLLER IN WATER LEVEL CONTROL SYSTEM USING MATLAB," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 10, no. 2, pp. 174–181, 2022.
- [12] N. Z.A, Y. P. Roja, and N. Sylvia, "Aplikasi Kontrol PID pada Reaktor Pabrik Asam Formiat dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 7, no. 2, pp. 135–152, 2019, doi: 10.29103/jtku.v7i2.1253.
- [13] A. Hadi, "Perbandingan Tuning Parameter Kontroller PD Menggunakan Metode Trial and Error dengan Analisa Gain pada Motor Servo AC," *Inovtek*, vol. 6, no. 1, pp. 1–5, 2016, [Online]. Available: <http://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/IP/article/view/42>.
- [14] WALUYO, A. FITRIANSYAH, and SYAHRIAL, "Analisis Penalaan Kontrol PID pada Simulasi Kendali Kecepatan Putaran Motor DC Berbeban menggunakan Metode Heuristik," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 1, no. 2, p. 79, 2013, doi: 10.26760/elkomika.v1i2.79.
- [15] A. P. B. J. P. Sinaga, "Perancangan dan Implementasi Kontroler PID untuk Pengaturan Autonomous Car-Following Car," *Tek. Pomits*, vol. 3, no. 1, pp. 31–36, 2014.