pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v22i2.xxxxx

RANCANG BANGUN OVEN ROTI ELEKTRIK OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO DAN SENSOR THERMOCOUPLE DENGAN METODE PID

Taufika Hadya Rahma Dardila[1)], Priyo Sasmoko.[2)]
[1)]Program Studi Str. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
*)E-mail : *taufikahadyard@students.undip.ac.id*

ABSTRACT

In the food processing industry, particularly in bread production, ovens play a crucial role in achieving the desired product quality. The bread-baking process requires accurate and stable temperature control to ensure that the bread is baked evenly, cooked thoroughly, and possesses the intended texture. However, manual operation of an oven often leads to significant temperature fluctuations, which can compromise product quality and consistency. This study implements an Arduino Uno-based temperature control system for an automatic bread oven, utilizing a PID (Proportional-Integral-Derivative) control method. The PID method was selected for its ability to provide a rapid response, thereby ensuring a stable temperature. The system employs a heating element as an actuator and a thermocouple as a feedback sensor. Experimental results yielded PID parameters of Kp=0.5, Ki=3.8, and Kd=10. The system achieved the target set point of 150°C in 451 seconds (7 minutes and 31 seconds). The data indicates that temperature changes occur in a stable manner. Furthermore, once the system reaches the set point, the dimmer output decreases, though it does not shut off completely.

Keywords: *automatic oven, temperature controller, thermocouple sensor, PID control.*

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan saat ini tidak dapat dicegah, yang terbukti dari berbagai inovasi yang telah dihasilkan oleh berbagai individu. Contohnya adalah penggabungan dua atau lebih bidang ilmu pengetahuan untuk menciptakan solusi atau produk yang lebih unggul. Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, ditemukan peralatan elektronika yang berteknologi canggih. Peralatan elektronika yang dirancang khusus oleh pembuat agar dapat membantu dan mempermudah aktifitas sehari-hari yang dilakukan manusia. Penggunaan sarana dan prasarana dilakukan secara manual maupun otomatis. Di samping penemuan manusia yang masih menggunakan cara manual dikembangkan lagi menjadi cara yang lebih canggih yaitu menggunakan teknologi digital (otomatisasi). Begitupun pada perancangan berbagai alat-alat tertentu, salah satunya adalah pembuatan oven.

Dalam industri pengolahan makanan, khususnya dalam proses pembuatan roti, oven memiliki peran yang sangat penting dalam mencapai kualitas produk yang diinginkan. Proses pemanggangan roti memerlukan kendali suhu yang akurat dan stabil agar hasil roti dapat merata, matang sempurna, dan memiliki tekstur yang diinginkan. Namun, pengoperasian oven secara manual sering kali menghasilkan variasi suhu yang signifikan, yang dapat mempengaruhi kualitas dan konsistensi produk.

Dalam rangka mengatasi tantangan tersebut, penggunaan teknologi otomatisasi dalam oven roti menjadi solusi yang sangat diharapkan. Salah satu teknologi yang dapat diaplikasikan adalah menggunakan Arduino Uno dan sensor *thermocouple* dengan metode kontrol PID. Arduino Uno adalah sebuah mikrokontroler yang memiliki kemampuan untuk mengontrol berbagai jenis sensor dan aktuator dengan presisi tinggi. Sementara itu, metode kontrol PID adalah pendekatan yang efektif untuk menjaga suhu oven tetap konstan dan mendekati nilai yang diinginkan.

Penggunaan sensor *thermocouple* memungkinkan pengukuran suhu dengan akurasi yang tinggi dalam rentang suhu tinggi yang dibutuhkan dalam proses pemanggangan roti. Sensor ini mampu mendeteksi perubahan suhu secara cepat dan akurat, sehingga memungkinkan sistem kontrol untuk merespons dengan cepat terhadap perubahan suhu.

Melalui penggabungan teknologi Arduino Uno, sensor *thermocouple*, dan metode kontrol PID, diharapkan oven roti elektrik otomatis yang dihasilkan mampu menghasilkan roti dengan kualitas yang konsisten dan memenuhi standar

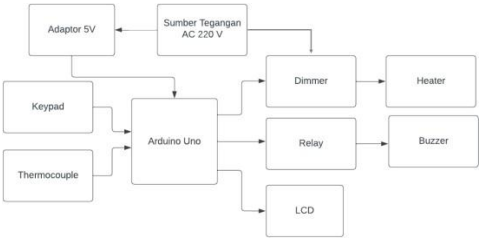
produk yang diinginkan. Oven ini akan dapat mengatasi masalah variasi suhu, sehingga menghasilkan roti dengan hasil yang lebih merata, matang sempurna, dan tekstur yang lebih baik.

Dengan adanya latar belakang ini, penelitian dan pengembangan oven roti elektrik otomatis berbasis Arduino Uno dan sensor *thermocouple* dengan metode PID menjadi relevan dan memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam proses pembuatan roti.

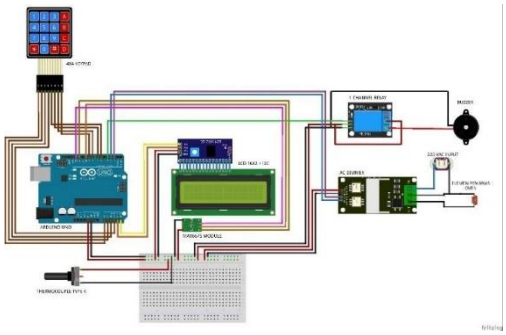
METODE PENELITIAN

Perancangan Hardware

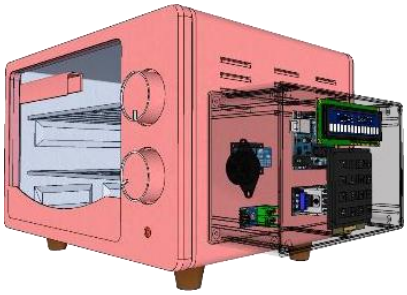
Penjelasan terkait perancangan alat tertuang dalam Gambar 1 mengenai blok diagram, Gambar 2 Mengenai rangkaian keseluruhan dan juga Gambar 3 mengenai desain hardware perancangan.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem



Gambar 2. Rangkaian Keseluruhan Sistem



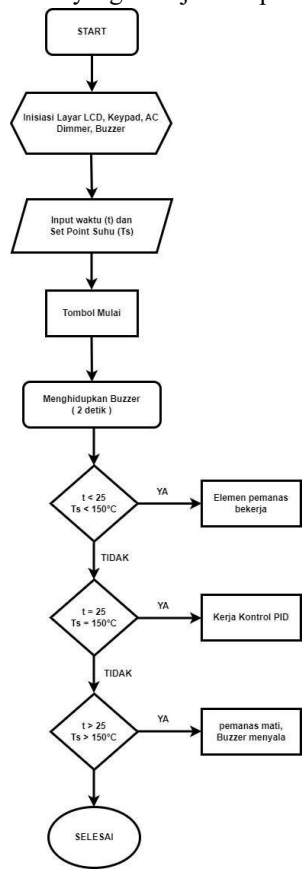
Gambar 3. Desain Oven Otomatis

Cara kerja oven roti ini adalah alat ini menerima tegangan awal sebesar 220 VAC dari PLN, yang kemudian diubah menjadi 5 VDC oleh adaptor. Tegangan yang telah diturunkan dan disearahkan oleh power supply akan digunakan sebagai tegangan kerja untuk Arduino Uno. Arduino Uno sebagai mikrokontroler untuk mengolahan data dan sebagai pengendali sistem yang digunakan untuk mengontrol kerja keseluruhan sistem. Mikrokontroler ini mengendalikan kerja sensor *thermocouple*, dimmer, relay, LCD, dan buzzer.

Keypad 4x4 berfungsi untuk mengatur set point suhu dan waktu yang akan digunakan dalam proses memanggang roti, sementara sensor *thermocouple* bekerja untuk mengukur atau membaca suhu pada elemen pemanas. LCD digunakan untuk menampilkan informasi seperti suhu, waktu, dan informasi lainnya. Selama proses pemanggangan, pengaturan suhu pemanas dikendalikan oleh dimmer AC dan dijaga stabilitasnya dengan metode PID. Selain itu relay juga digunakan untuk mengaktifkan buzzer sebagai alarm pengingat dalam oven roti.

Perancangan Software

Perancangan software dapat dimulai dengan adanya Flowchart yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Sistem

Alat ini mendapatkan sumber tegangan awal dari PLN sebesar 220 VAC yang kemudian akan digunakan untuk memberikan tegangan pada adaptor menjadi 5 VDC. Tegangan yang sudah diturunkan dan disearahkan oleh power supply akan digunakan untuk tegangan kerja dari Arduino Uno.

Arduino Uno pada alat ini digunakan sebagai mikrokontroler untuk meproses data input dari keypad 4x4, kemudian akan diolah datanya dengan fungsi tertentu yang kemudian menghasilkan output yang berupa dimmer AC modul yang mengatur panas pada heater, buzzer, dan LCD. Metode PID dimasukkan kepada Arduino Uno yang mengatur suhu pada dimmer AC sehingga suhu pada heater akan stabil. Melalui parameter Kp dan Ki akan menghasilkan PI yang akan menjadi sinyal kerja menuju kontroler.

Selanjutnya, parameter suhu pada oven roti adalah standar suhu untuk membuat adonan roti yang akan dipanggang. Perlu diingat bahwa suhu yang diterapkan pada setiap adonan roti dapat bervariasi. Pada kesempatan kali ini penulis membuat Brownies Panggang yang membutuhkan suhu 150°C dalam waktu kurang lebih 25 menit. Setelah melakukan set point suhu 150°C dan waktu 25 menit, maka elemen pemanas mulai bekerja. Ketika tombol mulai ditekan, Arduino Uno mengirim sinyal untuk mengaktifkan buzzer sebagai tanda bahwa pemanggangan roti dimulai. Sensor *thermocouple* bekerja sebagai pembacaan suhu pada elemen pemanas. Ketika suhu < 150°C dan waktu < 25 menit, Arduino Uno mengirim sinyal untuk dimmer AC pemanas untuk bekerja. Ketika suhu mencapai 150°C dan waktu mendekati 25 menit kontrol PID (Proprtional Integral Derivative) bekerja untuk menstabilkan suhu. Pada saat suhu melebihi 150°C, maka pemanas akan otomatis mati dan ketika suhu sudah di bawah set poin maka pemanas akan otomatis nyala kembali. Ketika suhu > 150°C dan waktu sudah melebihi 25 menit (>25 menit) maka Arduino Uno mengirim sinyal untuk mematikan dimmer AC pemanas dan menghidupkan buzzer sebagai alarm pertanda bahwa pemanggangan roti telah selesai. Pada proses pemanggangan, LCD juga berperan penting yang digunakan untuk menampilkan informasi seperti suhu, waktu, dan power.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Komponen Penyusun Alat

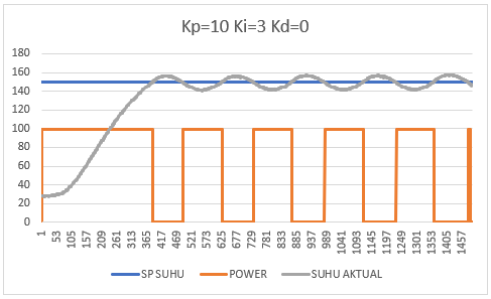
Setelah dilakukannya pengukuran pada alat ini, didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Pengukuran Komponen Penyusun Alat

Indikator Pengukuran	Standar	Hasil	Dokumentasi
Tegangan AC	220 VAC	235 VAC	
Tegangan Input Adaptor Smps	220 VAC	234 VAC	
Tegangan Relay	220 VAC	232 VAC	
Input Dimmer AC	220 VAC	234 VAC	
Input Arduino Uno	6-20 VDC	5 VDC	
Output Arduino Uno	5 VDC	5 VDC	

Pengujian dan Analisa Sistem

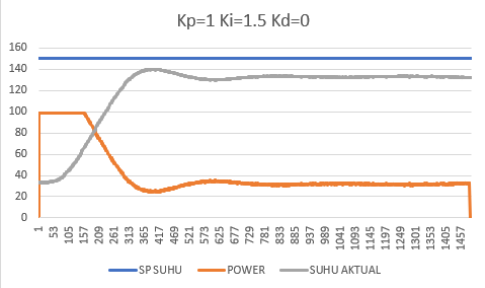
Pada sub bab ini berisi tentang pengujian alat dengan menggunakan data PID. Pendekatan PID telah menjadi landasan utama dalam pengendalian dan pengaturan berbagai sistem otomatis. Pengujian alat dengan menggunakan data PID ini memberikan wawasan mendalam tentang sejauh mana alat dapat merespon, mengikuti, dan mengontrol variable proses dengan presisi. Dengan menganalisis data PID yang dihasilkan selama pengujian, kita dapat mengevaluasi stabilitas, kecepatan respon, dan akurasi alat dalam mencapai target yang diinginkan.



Gambar 5. Grafik Sistem Dengan Nilai Kp Lebih Besar

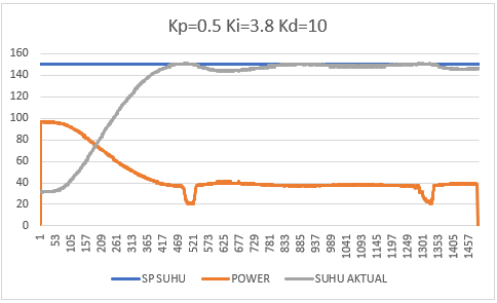
Pengujian sistem dilakukan dengan mengamati respon sistem melalui perbedaan nilai parameter *Kp* , *Ki*, dan *Kd* untuk mencapai nilai set point 150°C. Pada Gambar 5 terlihat bahwa dengan nilai *Kp*=10, *Ki*=3, dan *Kd*=0 waktu tercepat yang dibutuhkan sistem adalah 386 detik atau setara dengan 6 menit 26 detik untuk mencapai nilai set point suhu 150°C. Pada gambar diatas terlihat

bahwa perubahan suhu terjadi secara tidak stabil. Selain itu, apabila sistem mencapai set point maka kondisi dimmer akan langsung mati.



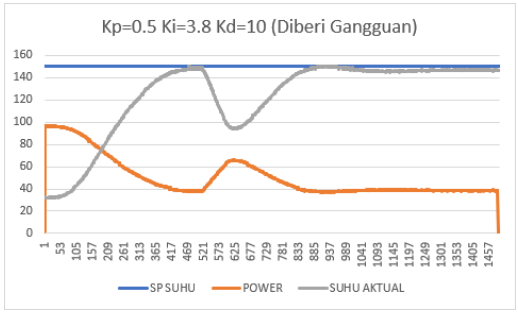
Gambar 6. Grafik Sistem Dengan Nilai Kp Lebih Kecil

Pengujian sistem dilakukan dengan mengamati respon sistem melalui perbedaan nilai parameter *Kp* , *Ki*, dan *Kd* untuk mencapai nilai set point 150°C. Pada Gambar 6 terlihat bahwa dengan nilai *Kp*=1, *Ki*=1.5, dan *Kd*=0 tidak mencapai nilai set point suhu 150°C. Pada gambar diatas terlihat bahwa perubahan suhu terjadi secara stabil tetapi tidak mencapai set point sehingga dimmer tidak mengalami kondisi mati.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Sistem Dengan Kontrol PID Pada Suhu 150°C

Pengujian sistem dilakukan dengan mengamati respon sistem melalui perbedaan nilai parameter *Kp* , *Ki*, dan *Kd* untuk mencapai nilai set point 150°C. Pada Gambar 7 terlihat bahwa dengan nilai *Kp*=0.5, *Ki*=3.8, dan *Kd*=10 waktu tercepat yang dibutuhkan sistem adalah 451 detik atau setara dengan 7 menit 31 detik untuk mencapai nilai set point suhu 150°C. Pada gambar diatas terlihat bahwa perubahan suhu terjadi secara stabil. Selain itu, apabila sistem mencapai set point maka kondisi dimmer akan menurun tetapi tidak mati.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Sistem Dengan Kontrol PID Pada Suhu 150°C dengan gangguan

Pengujian sistem dilakukan ketika diberi gangguan dengan mengamati respon sistem melalui perbedaan nilai parameter *Kp* , *Ki*, dan *Kd* untuk mencapai nilai set point 150°C. Pada Gambar 5.4 terlihat bahwa dengan nilai *Kp*=0.5, *Ki*=3.8, dan *Kd*=10 waktu tercepat yang dibutuhkan sistem ketika diberi gangguan adalah 477 detik atau setara dengan 7 menit 57 detik untuk mencapai nilai set point suhu 150°C. Pada gambar diatas terlihat bahwa perubahan suhu terjadi secara tidak stabil. Selain itu, apabila sistem mencapai set point maka kondisi dimmer akan menurun tetapi tidak mati. Jika diberi gangguan, maka suhu akan mengalami penurunan. Suhu akan kembali naik jika sudah tidak diberi gangguan.

Hasil Pengujian AC Dimmer Modul

Pada pengujian AC Dimmer ini, fokus utamanya adalah memastikan bahwa modul dimmer dapat dengan efektif mengontrol daya listrik yang disalurkan ke elemen pemanas oven, sehingga menghasilkan pengaturan suhu yang akurat dan stabil selama proses pemanggangan. Evaluasi berfokus pada kemampuan modul dimmer untuk merespon perubahan suhu yang diinginkan secara cepat dan presisi. Hal ini mencakup pengujian ketepatan pengaturan suhu pada suhu tinggi, untuk memastikan bahwa modul dimmer dapat menjaga suhu oven otomatis sesuai dengan kebutuhan pengguna dalam memasak kue dengan suhu tinggi.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Modul Dimmer

No.	Waktu	Tegangan	Arus	Daya
1.	0 menit	225.4 V	2.87 A	606.14 W
2.	5 menit	221.4 V	2.70 A	560.12 W
3.	10 menit	183 V	1.89 A	324.08 W
4.	15 menit	177.3 V	1.79 A	297.37 W
5.	20 menit	175.5 V	1.73 A	284.48 W
6.	25 menit	0.2 V	0.01 A	0.002 W

Perhitungan daya pada tabel 2 menggunakan rumus segitiga daya yaitu daya nyata dengan nilai cos φ sebesar 0.937.

Hasil Pengujian Alat Berdasarkan Pembuatan Kue Brownies

Pengujian alat menggunakan bahan makanan ini bertujuan untuk membutktikan bahwa roti dapat dipanggang dengan baik. Dengan hasil pengujian ini kita dapat menggambarkan sejauh mana alat dapat menghasilkan roti dengan tekstur yang merata, warna kulit yang optimal, dan rasa yang memuaskan. Hasil pengujian ini dapat menilai keefektifan elemen pemanas dalam mentransfer panas secara merata dan memastikan bahwa setiap bagian roti matang dengan konsisten. Selain itu, pengujian pada alat ini memberikan informasi tentang waktu pemanggangan yang dibutuhkan, memungkinkan pengukuran efisiensi dan kecepatan alat dalam memanggang. Hasil pengujian tidak hanya membuktikan kualitas pemanggangan roti, tetapi juga memberikanwawasan untuk pengembangan dan penyempurrnaan alat guna mencapai performa yang optimal sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tabel 3 merupakan hasil pengujian sistem dengan menggunakan bahan kue Brownies.

Tabel 3 Hasil Pengujian Alat

Waktu	Temperatur	Kondisi Kue	Keterangan
0 menit	32°C		Mentah
5 menit	118°C		Belum Matang
10 menit	145°C		Mulai Mengembang
15 menit	150°C		Setengah Matang
20 menit	149°C		Hampir Matang
25 menit	147°C		Matang Sempurna
>25 menit	146°C		Overcook

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan kesimpulan dari tugas akhir berikut adalah sebagai berikut :

1. Merancang suatu PID Controller memang tidak mudah, karena penentuan konstantanya dilakukan secara trial and error. Selain itu perubahan nilai salah satu konstanta akan berpengaruh terhadap parameter yang lain.
2. Sistem pengontrolan suhu pada oven otomatis, control PID memiliki keluaran respon sistem yang lebih baik daripada kontroler PI.
3. Sistem kendali PID tepat digunakan dalam mengatur kestabilan suhu pada oven roti otomatis yang mencapai respon sistem tercepat untuk mencapai set point 150°C diperoleh dengan nilai parameter *Kp*=0.5 , *Ki*=8, dan *Kd*=10 yaitu dalam waktu 451 detik atau setara dengan 7 menit 31 detik.
4. Dengan menggunakan oven ini, waktu kematangan kue brownies dengan suhu ± 150°C adalah 25 menit.
5. Dengan menggunakan oven otomatis ini, kue yang dihasilkan matang merata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Bagian ini menyatakan ucapan terima kasih kepada pihak yang berperan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian, misalnya laboratorium tempat penelitian. Peran donor atau yang mendukung penelitian disebutkan perannya secara ringkas. Dosen yang menjadi penulis tidak perlu dicantumkan di sini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Suprihatin, E., Ferawati, I. W., & … (2018). *PKM kelompok Umkm Kue Kering Di kabupaten Banyuwangi*. 153-167. https://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/semnasuntag/article/viewFile/1666/1408
2. Murdiansyah, dkk. "*Rancang Bangun Prototype Sistem Pemanggang Kue (Oven) Otomatis Dengan Menggunakan Mikrokontroler AVR ATmega 8535*". Jurnal Teknik Elektro, Vol. 1, No.2 Hal 69-81, Agustus 2014.
3. Fiqri, Ahmad Nurul. 2017. "*Pengaturan Temperatur Dan Pewakt uOven Listrik Menggunakan HP Android*". Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Premadi, Aswir. 2014. "*Teknik Kendali*". Padang : Institut Teknologi Padang.
5. Anonymous. 2018. "*Tinjauan Pustaka Penggunaan Tracking Objek*".[Online]. Available:http://repository.umy.ac. id/bitstream/hadle/123456789/29191/f.%20BAB%20II.pdf?sequence=6&isAllowed=y
6. Anonymous. 2017. "*Teori Penunjang Sistem Kendali*". [Online]. Available: https://elbrary.unikom.ac.id/id/eprint/3182/8/%5B13%5D%20UNIKOM_AGUN%BNU%20G

HANI%20PRATAMA_BAB%20II%20 TEORI%20PENUNJANG.pdf

7. Ogata, Katsuhiko, 1996, "*Teknik Kontrol Automatik*". Buku terjemahan, Erlangga, Jakarta.
8. Gunterus, F. (1994). Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.
9. Ely P. Sitohang, dkk. "*Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroller ATmega 8535*". Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, Vol. 7, No. 2, Hal 135-142, Mei 2018.
10. Arena, Mytha. 2017. "*Sistem Akuisisi Data Suhu Multipoint Dengan Mikrokontroler*". Yogyakarta : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
11. P. N. Enjeti and S. Choi, "*An approach to realize higher power PWM AC controller. In Proceedings Eighth Annual Applied Power Electronics Conference and Exposition*", IEEE, pp.323-327, March 1993.
12. O. Vaino and S. J. Ovaska, "*Digital filtering for robust 50/60 Hz zero- crossing detector*", IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, vol. 45, no. 2, pp. 426-430, 1996.