

Pengendalian Temperatur Fluida dengan Menggunakan Kontrol On-Off Berbasis IoT

Yasmin Zulrahma¹, Roni Heru Triyanto^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu Jawa Tengah, Indonesia 55312
*Corresponding Author: roni_heru@esdm.go.id (Roni Heru Triyanto)

Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima berkas: 10 Mei 2024

Direvisi: 31 Mei 2024

Disetujui terbit: 2 Juni 2024

Keyword:

Temperature Control

On-Off Control

Internet of Think

ESP 32

Microcontroller

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengendalian temperatur berbasis Internet of Things (IoT) pada alat pengendali temperatur. Dengan menggunakan teknologi IoT, diharapkan sistem pengendalian temperatur dapat dilakukan secara lebih efisien dan akurat. Metodologi penelitian mencakup perancangan dan implementasi hardware serta software, yang terdiri dari sensor suhu, mikrokontroler, dan modul komunikasi nirkabel. Sistem ini diharapkan mampu memantau dan mengendalikan temperatur secara real-time melalui aplikasi yang terhubung dengan internet. Komponen yang digunakan dalam penelitian ini adalah ESP-32, SSR, Heater, dan Blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu mengendalikan temperatur sesuai dengan set point yang telah ditentukan, serta memberikan notifikasi dan data historis melalui aplikasi IoT. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pengendalian temperatur yang lebih.

ABSTRACT

This research aims to develop an Internet of Things (IoT)-based temperature control system on a temperature control device. By using IoT technology, it is expected that the temperature control system can be done more efficiently and accurately. The research methodology includes the design and implementation of hardware and software, which consists of a temperature sensor, microcontroller, and wireless communication module. This system is expected to be able to monitor and control temperature in real-time through an application connected to the internet. The components used in this research are ESP-32, SSR, Heater, and Blynk. The test results show that the designed system is able to control the temperature according to the predetermined set point, as well as provide notifications and historical data through the IoT application. This research is expected to contribute to the development of a more intelligent and integrated temperature control system, especially in the industrial and household fields.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. PENDAHULUAN

Dalam proses industri, ada banyak variabel yang harus diawasi. Meskipun pengawasan dapat dilakukan secara manual oleh operator, karena terdapat ratusan variabel yang perlu dikendalikan, dibutuhkan ratusan operator untuk melakukannya. Oleh karena itu, langkah yang paling efisien adalah mengimplementasikan kontrol otomatis dalam proses industri. [1]

Temperatur merupakan parameter yang memiliki karakteristik respons lambat. Salah satu plant yang menggunakan parameter temperatur adalah plant heat exchanger [2]. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengamati respons temperatur pada plant heat exchanger. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan menggunakan kontroler on-off berumpan balik P-T 1. P-T 1 adalah jenis delay di mana P mengacu pada sistem proporsional, dan T dengan indeks nilai 1 menunjukkan waktu tunda respon terhadap input. Dalam desain ini, respon kontroler on-off berumpan balik P-T 1 pada plant temperatur bertindak sebagai pemberi waktu tunda tingkat pertama dengan membandingkan masukan dan keluaran [3].

Beberapa perangkat dapat ditingkatkan efektivitas dan efisiensi dengan mengintegrasikan mereka ke dalam Internet of Things (IoT). Dengan konsep ini, kontrol atas beberapa perangkat dapat dilakukan dari lokasi mana saja selama memiliki akses internet. Sensor yang ada dalam jaringan IoT berfungsi untuk mendeteksi dan mengidentifikasi parameter-parameter peralatan melalui jaringan komunikasi kabel maupun nirkabel, sehingga memungkinkan diperolehnya data yang akurat serta proses kontrol secara real time[4].

1.1 Sistem Pengendalian Proses

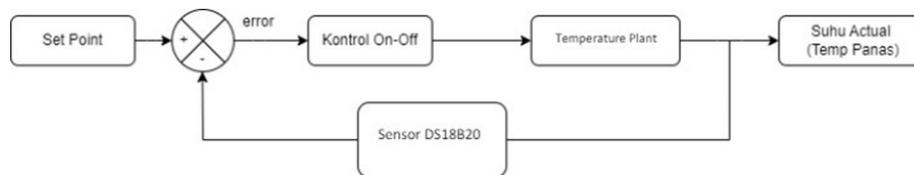
Dalam pengendalian proses otomatis, sebuah sistem pengendalian harus dirancang dan diimplementasikan. Pengendalian sistem memiliki 3 komponen dasar yaitu sensor/transmitter, controller, dan final control element. Sensor berfungsi untuk mendeteksi atau mengukur besaran proses seperti suhu (temperature), ketinggian cairan (level), tekanan (pressure), dan laju aliran (flow). Sensor ini biasanya terhubung secara fisik dengan transmitter yang menerima nilai output dari sensor dan mengubahnya menjadi sinyal standar yang kemudian akan dikirim ke controller. Controller ini merupakan “otak” dari sebuah sistem pengendalian yang akan menerima sinyal dari transmitter, mengolah dan membandingkan nilai error untuk 12 menentukan aksi dari final control element. Sistem pengendalian ini merupakan strategi sistem pengendalian feedback.

1.2 Kontrol On-Off

Aksi kendali dua posisi atau on-off mengacu pada sistem kontrol di mana elemen pembangkit hanya memiliki dua posisi yang mungkin, yaitu on dan off. Sistem kendali dua posisi ini relatif sederhana dan ekonomis sehingga sering digunakan baik dalam aplikasi industri maupun domestik. Pada sistem kendali ini, sinyal keluaran dari pengontrol $u(t)$ tetap berada pada nilai maksimum atau minimum tergantung pada apakah sinyal error (selisih antara setpoint dan nilai yang diukur) positif atau negatif. Dengan kata lain jika nilai error positif (setpoint lebih tinggi dari nilai yang diukur), maka pengontrol akan mengirimkan sinyal untuk mempertahankan 15 elemen pembangkit dalam posisi on (aktif). Jika nilai error negatif (setpoint lebih rendah dari nilai yang diukur), maka pengontrol akan mengirimkan sinyal untuk mempertahankan elemen pembangkit dalam posisi off (non-aktif). Kontrol on-off ini efektif dalam situasi di mana toleransi terhadap variasi kecil dalam nilai yang diukur cukup besar, namun tidak cocok untuk aplikasi yang memerlukan kontrol yang sangat presisi atau respons cepat terhadap perubahan kecil dalam setpoint

2. METODA

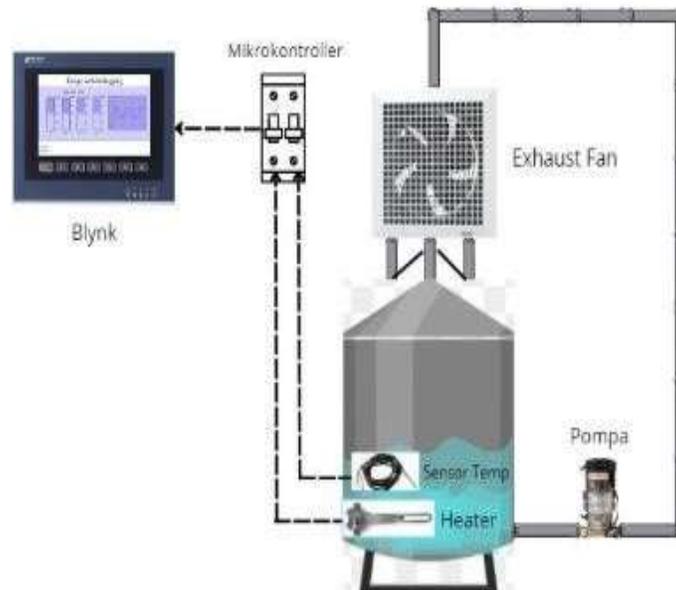
Dalam penelitian ini proses pengendalian temperatur dengan kontrol on-off yang dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai controller dengan kontrol on-off. Pengendalian suhu on/off bekerja dengan membandingkan suhu set-point yang diinginkan dengan suhu yang diukur sebenarnya. Jika suhu sebenarnya lebih tinggi daripada set-point, elemen pemanas dimatikan. Jika suhu sebenarnya lebih rendah daripada set-point, elemen pemanas diaktifkan. Proses ini diulang untuk menjaga suhu pada set-point. Pengendalian on/off sederhana dan ekonomis, tetapi mungkin tidak cocok untuk aplikasi yang memerlukan kontrol suhu yang tepat. Sensor DS18B20 dapat digunakan dalam sistem pengendalian suhu on/off dengan menghubungkannya ke mikrokontroler menggunakan bus OneWire dan menulis program untuk membaca data suhu dari sensor dan membandingkannya dengan set-point. Sensor DS18B20 memiliki tingkat akurasi yang tinggi, dengan kesalahan hanya $0,2^{\circ}\text{C}$ dan akurasi sebesar 99%.



Gambar 1 Blok diagram sistem pengendalian temperatur

Pada gambar diatas diketahui bahwa pada proses pengendalian temperatur pada alat ini, sensor temperatur berupa sensor DS18B20 akan mendeteksi temperatur dari air, kemudian data tersebut akan dikirim dan diolah controller berupa Temperature Plant Sensor DS18B20 27 mikrokontroler ESP32. Controller kemudian akan membandingkan nilai process variable (PV) yang dikirim oleh sensor dengan nilai setpoint atau set value (SV). Pada diagram blok sistem kendali on-off di atas, metode on-off digunakan pada heater. Jika suhu telah

mencapai setpoint, maka kipas dan pompa akan berada dalam keadaan off. Sebaliknya, jika suhu belum mencapai setpoint, kipas dan pompa akan tetap dalam keadaan on dengan kecepatan maksimal.



Gambar 2 Rancangan *hardware* keseluruhan

Menjelaskan rancangan prototype keseluruhan alat untuk penelitian ini. Feed dipompakan ke heater yang akan merubah suhu sesuai setpoint yang ditetapkan. Alat Pengendali temperatur heater ini menggunakan sensor DS18B20. Sensor DS18B20 berfungsi sebagai sensor untuk mengukur temperatur, sensor suhu digital yang berkomunikasi melalui bus OneWire, yang hanya memerlukan satu jalur data (dan ground) untuk berkomunikasi dengan mikroprosesor pusat.

Dalam membuat sebuah alat, diperlukan uji sistem atau validasi sistem agar menegetahui apakah alat yang dibuat sesuai dan dapat digunakan tepat dengan kebutuhannya. Oleh karena itu kita memerlukan uji sistem untuk memastikan sistem yang dirancang bekerja dengan baik. Dalam rancang bangun alat kontrol temperatur metode kontrol on-off ini, untuk menguji sistem tersebut maka, kita perlu membuat percobaan. Pengambilan data dilakukan dengan memanaskan sensor DS18B20 menggunakan alat pemanas yang diatur sedemikian rupa sehingga terjadi kenaikan temperatur yang relatif konstan. Selanjutnya, data tegangan keluaran dari sensor dan diagram rangkaian dicatat untuk setiap peningkatan temperatur. Variabel yang diukur secara tidak langsung dalam penelitian ini adalah kemiringan garis lurus dari hubungan antara perubahan tegangan keluaran sensor dengan perubahan temperatur. Kemiringan garis lurus ini akan memberikan informasi tentang sensitivitas sensor DS18B20.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

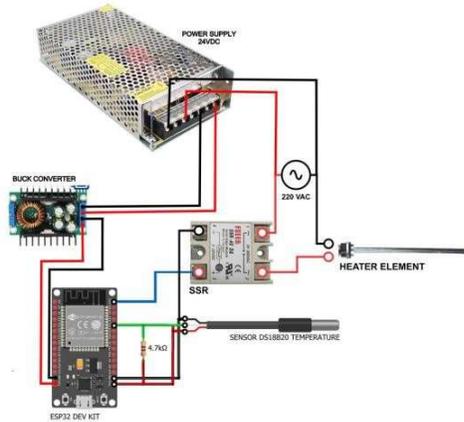
3.1 Implementasi Sistem

Dalam implementasinya menggunakan aplikasi Arduino IDE untuk pembuatan main program. Dalam main program dibagi menjadi beberapa bagian yaitu bagian program. Program ini menggunakan beberapa variabel dan konstanta seperti pin, nilai sensor dan statenya berapa. Loop program tersebut secara garis besar memiliki 2 bagian utama. Yang pertama adalah untuk memperbarui nilai sensor setiap kali loop dijalankan dan mengirimkan data yang diperbarui ke serial monitor, yang kedua adalah untuk membaca data dari serial dan mengatur beberapa variabel pada program. Implementasi ini mencakup peran dari IoT untuk mengambil data dari perangkat tersebut. Pengendalian inii terdiri dari perancangan *hardware*, *software* seperti yang terlihat pada gambar 4.

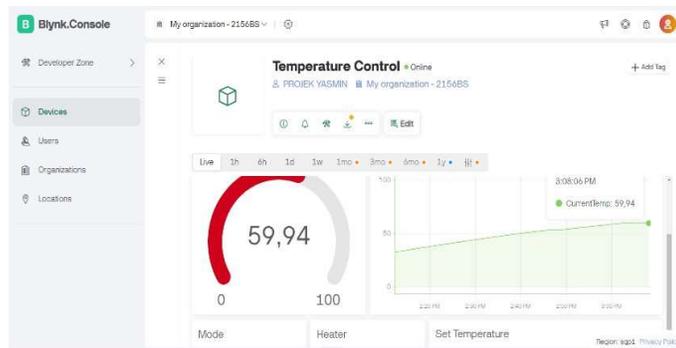


Gambar 3 Prototipe hasil rancangan

Pada pengujian ini, karakteristik pengendali on-off yang akan diuji adalah alat pengendali temperatur yang dilengkapi dengan sensor DS18B20. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan karakteristik respon sistem pengendali on-off. Sebelum melakukan pengujian, dilakukan pengecekan terlebih dahulu untuk memastikan semua komponen terpasang dengan baik. Setelah pengecekan selesai, baru kemudian dilakukan pengujian. Sebelum menghidupkan alat, pengendali digitalnya diatur terlebih dahulu untuk set point pada nilai 40°C, 50°C, dan 60°C.



Gambar 4 *Wiring* diagram

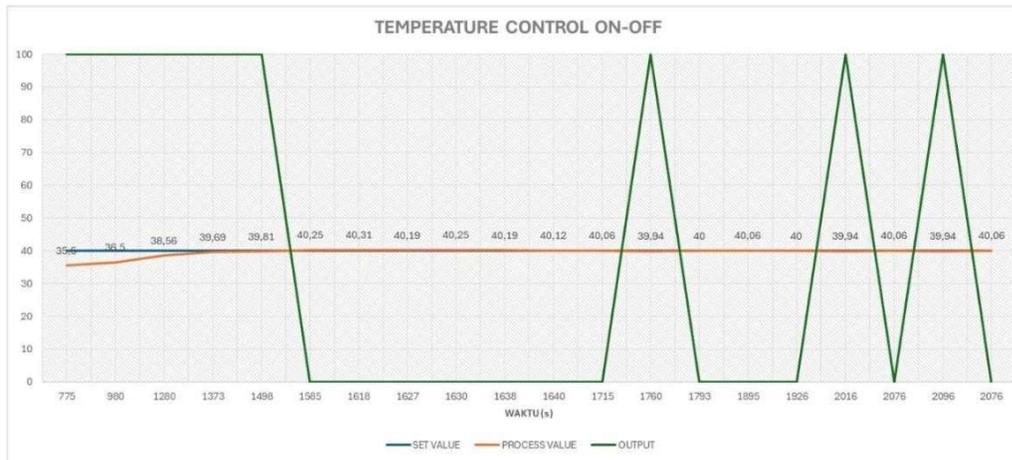


Gambar 5 Tampilan *blynk interface*

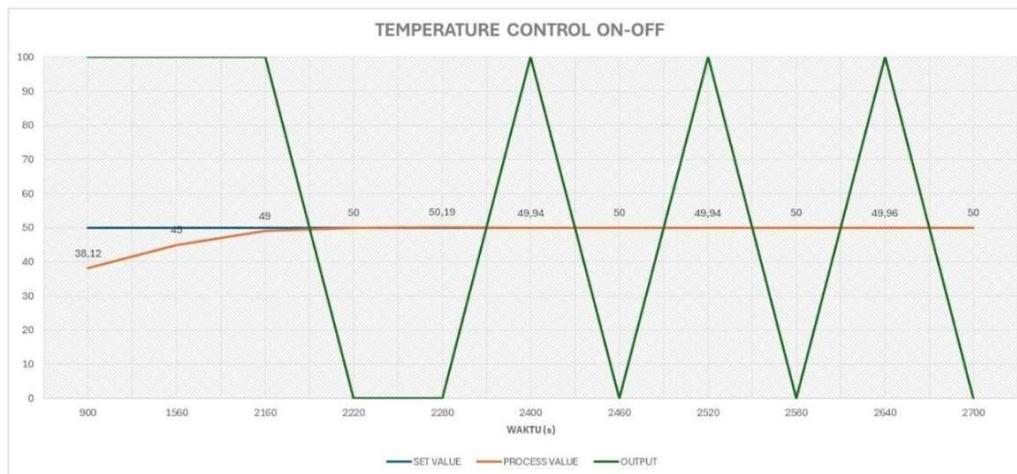
3.2 Analisis Data

Persamaan Hasil dari pengolahan data pada kontrol on-off, diperoleh karakteristik hasil kurva on-off kontrol. Pada kurva karakteristik ini, terlihat bahwa pengukuran dilakukan pada suhu 40°C, 50°C, dan 60°C. Pada suhu-suhu ini, aktuator (heater) akan menyala secara otomatis untuk mendekati set point yang ditentukan. Dalam hasil percobaan kali ini, terdapat histeresis di sekitar daerah set point, yang berarti suhu tidak tepat berada pada titik set point secara tepat, melainkan sedikit di atas atau di bawah titik set point masing-masing.

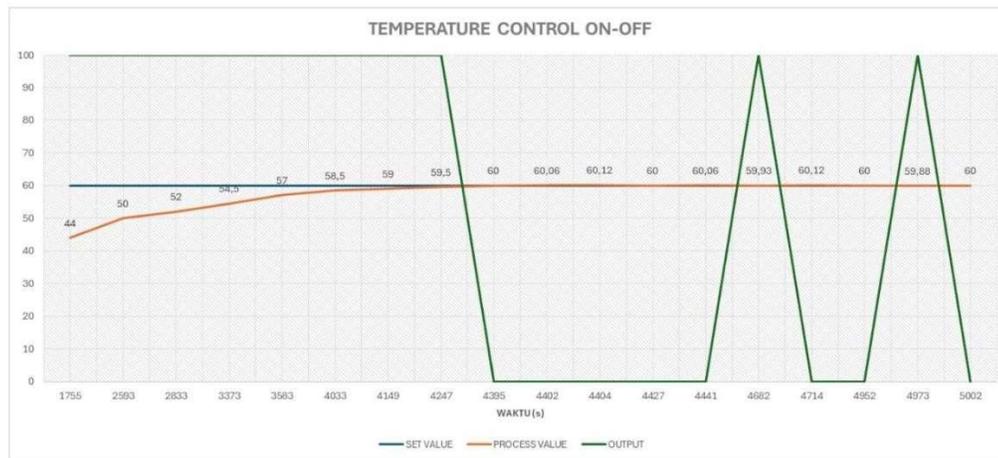
Pengujian respon sistem pada set point suhu 40°C, 50°C, dan 60°C dilakukan dengan mengirimkan set point suhu 40°C melalui blynk sebagai IoT. Pengujian kontrol temperatur ini kondisi awal suhu tanki sebesar 28-29°C.



Gambar 6 Pengujian unjuk kerja temperatur SV 40 °C



Gambar 7 Pengujian unjuk kerja temperatur SV 50 °C



Gambar 8 Pengujian unjuk kerja temperatur SV 60 °C

Tabel 1 Hasil respon performasi sistem

Pengujian	$t_{10}(s)$	$t_{90}(s)$	Rise time (s)
40°C	775	877	102
50°C	900	1560	660
60°C	1755	3265	1510

Pada ketiga set point saat mencapai target sistem menunjukkan sedikit overshoot dan kemudian stabil dan semakin tinggi set point, semakin banyak waktu yang dibutuhkan dalam mencapai set point dari temperatur awal yang lebih rendah. Karakteristik metode kontrol on-off menunjukkan bahwa sistem membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai set point yang lebih tinggi, mengindikasikan bahwa sistem mungkin memiliki respons non-linear pada rentang suhu yang lebih tinggi. Untuk tingkat maksimal kontrol on-off dalam mencapai dan mempertahankan suhu set point dalam waktu tertentu dengan beberapa osilasi kecil cukup direkomendasikan. Kesimpulannya semua telah sesuai dengan karakteristik kontrol on-off, yaitu memiliki hysteresis. Hal ini juga disebabkan karena laju pemrosesan dari kontrol on-off yang cenderung lambat.

Untuk tingkat maksimal kontrol on-off dalam mencapai dan mempertahankan suhu set point dalam waktu tertentu dengan beberapa osilasi kecil cukup direkomendasikan. Kesimpulannya semua telah sesuai dengan karakteristik kontrol on-off, yaitu memiliki hysteresis. Hal ini juga disebabkan karena laju pemrosesan dari kontrol on-off yang cenderung lambat.

4. KESIMPULAN

Pengontrol on-off akan mengubah outputnya hanya ketika temperatur melewati titik set (setpoint). Untuk pengendalian pemanas, output akan aktif (on) ketika temperatur di bawah setpoint, dan tidak aktif (off) ketika temperatur melebihi setpoint. Kemudian, memanfaatkan IoT dengan antarmuka Blynk untuk mempermudah pengendalian suhu.

Dari hasil analisis yang didapat terkait performa kontrol on-off dalam mempertahankan suhu, bisa dilihat ketiga set point saat mencapai target sistem menunjukkan sedikit overshoot dan kemudian stabil dan semakin tinggi set point, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai set point dari suhu awal yang lebih rendah. Hal ini telah sesuai dengan karakteristik kontrol on-off, yaitu memiliki hysteresis. Hal ini juga disebabkan karena laju pemrosesan dari kontrol on-off yang cenderung lambat.

Pengujian alat dilakukan dengan mengatur beberapa setpoint suhu (seperti 40°C, 50°C, dan 60°C) dan mengamati respons sistem terhadap perubahan suhu. Data pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mempertahankan suhu pada setpoint yang diinginkan, meskipun terdapat beberapa tingkat overshoot dan hysteresis yang khas dari kontrol on-off.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Rantung, "Karakteristik Pengendali ON-OFF Untuk Aplikasi Pada Sistem Pengendalian Temperatur," *J. Tekno Mesin*, vol. 1, no. 3, pp. 26–33, 2015.
- [2] S. Sadad, "Temperatur Heater Pada Miniplant Heat Exchanger Berbasis Design of Temperature Control

- System of Heater at Heat Exchanger,” 2016.
- [3] R. Yunus, V. V. R. Repi, and F. Hidayanti, “Perancangan Sistem Kontrol On/Off Multivariabel Level dan Temperatur Berbasis Microcontroller,” vol. 19, no. 1, pp. 9–16, 2019.
 - [4] A. Purnomoaji, A. Syakur, and A. Warsito, “Perancangan Sistem Kendali Suhu Pada Oven Listrik Hemat Energi Dengan Metode Kontrol on-Off,” *Transient*, vol. 7, no. 4, p. 868, 2019, doi: 10.14710/transient.7.4.868-874.
 - [5] M. S. Pua, A. H. J. Ontowirjo, P. D. K. Manembu, J. T. Elektro, U. S. Ratulangimanado, and J. K. Bahu, “Studi Perbandingan Kontrol PID dan Metode ON-OFF Pada Sistem Kotak Pendingin Menggunakan Thermoelectric,” pp. 1–13, 2012.
 - [6] A. Megido and E. Ariyanto, “Sistem Kontrol Suhu Air Menggunakan Pengendali Pid. Dan Volume Air Pada Tangki Pemanas Air Berbasis Arduino Uno,” *Gema Teknol.*, vol. 18, no. 4, p. 21, 2016, doi: 10.14710/gt.v18i4.21912.
 - [7] N. Evalina, F. I. Pasaribu, A. A. H, and A. Sary, “Penggunaan Arduino Uno Untuk Mengatur Temperatur Pada Oven,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 122–128, 2022, doi: 10.30596/rele.v4i2.9559.
 - [8] A. Ramadhani and L. S. Ramba, “Sistem Pengaturan Suhu Air Menggunakan Kendali PID berbasis LabVIEW Water Temperature Control Using PID Control System Based on LabVIEW,” vol. 4, no. 2, 2016.
 - [9] A. Ketawang, T. Laksmi, T. Andromeda, and A. Triwiyatno, “Pengendali Suhu Menggunakan Kontroler PID Pada Prototipe Mesin Pengering Fluidasi Gabah,” *Transient*, vol. 7, no. 2, pp. 500– 508, 2018.
 - [10] Fendy Santoso, “Perbandingan Kinerja Sistem Kontrol Berumpan Balik Feedback Dengan Sistem Kontrol Berumpan Maju Feedforward Pada Jaringan Penukar Panas Heat Exchanger,” *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 36–42, 2003, [Online]. Available: <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/15969>.