

Implementasi Kontrol PID Untuk Mengontrol Suhu dan Level Pada Alat *Vending machine*

Hanggita Adi Pramoedy¹, Bambang Priyadi,² Mohammad Luqman³

e-mail: hanggi54@gmail.com, bambang.priyadi@polinema.ac.id, moh.luqman@polinema.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 10 November 2023

Direvisi 9 Desember 2023

Diterbitkan 31 Mei 2023

Kata kunci:

ESP32

HC-SR04

Kontrol PID

Vending machine

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang pesat memberikan dampak besar bagi manusia dalam bidang pemasaran. Transaksi jual beli yang biasanya dilakukan secara langsung, kini mulai dikembangkan menjadi otomatis. Pemakaian sistem kendali otomatis saat ini merupakan kebutuhan yang sangat utama untuk menjaga agar proses produksi berjalan seperti yang direncanakan. Sistem kendali yang banyak digunakan adalah kontrol PID. Pada penelitian ini membahas pengontrolan suhu untuk mendapatkan suhu yang stabil. Pembacaan suhu pada alat ini menggunakan sensor DS18B20 yang ditempatkan pada tangki dan diatur dengan mikrokontroler ESP32. Peltier digunakan untuk mendinginkan minuman dan menggunakan elemen pemanas untuk memanaskan air. Sensor level menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan untuk mengontrol level. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan hasilnya adalah sistem penstabilan suhu menggunakan metode kontrol PID dengan volume 5 liter dibutuhkan waktu 22 menit dimana kondisi awal suhu 28°C menjadi 50°C dengan memberikan Kp 12,6, Ki 3,15, dan Kd 12,6. Untuk mendinginkan air membutuhkan waktu 4 jam dimana suhu awal 28°C menjadi 20°C. Skripsi ini akan membuat sebuah vending machine menggunakan koin dan harapannya dengan metode yang digunakan dapat meningkatkan efisiensi mesin dan bermanfaat bagi manusia.

ABSTRACT

The rapid development of technology has a major impact on humans in the field of marketing. Buying and selling transactions that are usually carried out directly are now starting to be developed automatically. The use of automated control systems today is a very important requirement to keep the production process running as planned. The control system that is widely used is the PID control. This study discusses temperature control to get a stable temperature. Temperature readings on this tool use the DS18B20 sensor which is placed in the tank and regulated by the ESP32 microcontroller. The peltier is used to cool the drink and uses a heating element to heat the water. The level sensor uses an ultrasonic sensor HC-SR04 which is used to control the level. Based on the tests that have been carried out, the result is a temperature stabilization system using the PID control method with a volume of 5 liters it takes 22 minutes where the initial temperature conditions are 28°C to 50°C by giving Kp 12.6, Ki 3.15, and Kd 12.6. To cool the water takes 4 hours where the initial temperature is 28°C to 20°C. This thesis will create a vending machine using coins and it is hoped that the method used can improve machine efficiency and benefit humans.

Keywords:

ESP32

HC-SR04

Kontrol PID

Vending machine

Penulis Korespondensi:

Hanggita Adi Pramoedy,

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Jalan Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65141.

Email: hanggi54@gmail.com

Nomor HP/WA aktif: +6282231807280



1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi yang pesat, manusia senantiasa berkreasi dan berusaha untuk berinovasi dan menciptakan sesuatu yang dapat memudahkan aktivitasnya. Di antara berbagai bidang yang ada, peranan perkembangan teknologi yang sangat menonjol ada pada bidang pemasaran[1]. Pemakaian sistem kendali otomatis saat ini merupakan kebutuhan yang sangat utama untuk menjaga agar proses produksi berjalan seperti yang direncanakan, mengurangi beban pekerjaan manusia dan mendapatkan hasil yang cepat, tepat serta efisien. Salah satu sistem kendali yang banyak digunakan adalah kontrol PID[2]. Pada penelitian ini membahas pengontrolan suhu untuk mendapatkan suhu yang stabil pada suhu setpoint menggunakan kontrol PID. Minuman dibutuhkan untuk memenuhi cairan pada tubuh, karena pada tubuh manusia mengandung cairan sebanyak 60%[3]. Bukan hanya kopi, *coca-cola* pun menjadi minuman yang digemari disetiap negara termasuk Indonesia. [4]. Dalam bidang pemasaran, penerapan teknologi yang telah dikembangkan adalah mesin penjual otomatis atau vending machine. Vending machine adalah mesin yang mampu memperjualbelikan barang secara otomatis tanpa bantuan tenaga manusia, dengan metode pembayaran tunai maupun non-tunai yang dapat diakses pada mesin. Pada uang yang dimasukkan akan divalidasi oleh kotak mesin tersebut dengan sebuah alat pendeteksi mata uang (Currency Detector)[5].

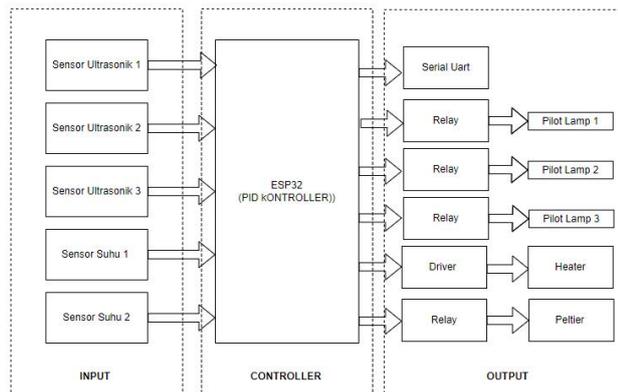
Pada penelitian terdahulu[6] telah dibuat alat yang menyerupai namun ada beberapa hal yang perlu disempurnakan, seperti pada pengontrolan suhu belum menggunakan sistem kontrol. Menggunakan metode ON/OFF. Kelemahan sistem ini adalah boros dalam mengkonsumsi energi listrik dan suhu kurang stabil[7]. Pada penelitian ini menggunakan metode kontrol PID yang digunakan untuk membantu menstabilkan suhu pada setiap minuman sehingga dapat mendapatkan suhu yang selalu tepat. Kepopuleran PID sebagai komponen kontrol proses dilatarbelakangi terutama oleh kesederhanaan struktur, serta kemudahan dalam melakukan tuning parameter kontrolnya[8]. Pada proses pemanasan menggunakan pemanas yang memiliki daya lebih besar. Untuk memanaskan 5 liter air membutuhkan waktu 22 menit dari suhu 28°C menjadi 50°C.

Perancangan *vending machine* ini diharapkan dapat membantu menstabilkan suhu dan proses pemanasan maupun proses pendinginan mendapatkan waktu yang lebih cepat yang harapannya dapat dikembangkan komponen yang digunakan untuk mendinginkan minuman.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Blok Diagram Sistem

Blok diagram sistem pengontrolan suhu pada *vending machine* yang mencakup input, proses dan output dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 : Blok Diagram Sistem

Prinsip kerja dari vending machine ini adalah apabila sensor suhu 1 membaca kondisi suhu dalam tangki kemudian akan mengirimkan data ke mikrikontroler ESP32 dan kemudian akan mengirimkan data ke driver untuk menyalakan heater dan akan bekerja terus menerus selama power menyala. Begitu juga sensor suhu 2 membaca



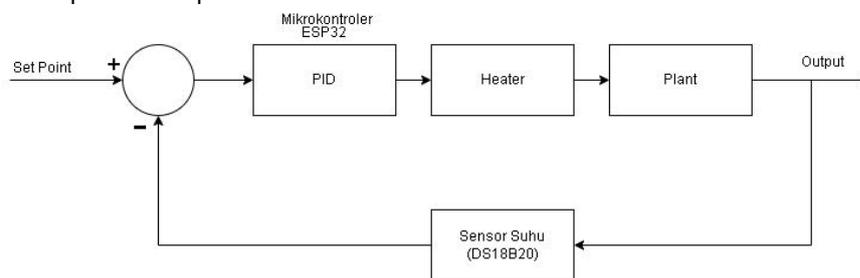
kondisi suhu dalam tangki dan mengirimkan data ke mikrokontroler ESP32 dan kemudian akan mengirimkan data ke driver untuk menyalakan peltier dan akan bekerja terus menerus selama power menyala.

Untuk sensor ultrasonic 1,2,dan 3 akan membaca ketersediaan air dalam tangki dengan memantulkan gelombang ultrasonik, semakin jauh jarak pantulan maka ketersediaan air menipis begitu juga apabila semakin dekat pantulan maka ketersediaan air masih banyak. Data volume air tersebut akan dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 dan akan mentrigger relay dimana akan mematikan indikator apabila minuman habis dan menyalakan indikator apabila ketersediaan air mencukupi. Data dari sensor ultrasonik juga akan dikirimkan ke receiver yang digunakan untuk memberikan informai ke pembeli melalui LCD.

ESP32 ini digunakan sebagai kontroler utama yang akan memproses semua nilai dari input. ESP32 memiliki beberapa fitur unggulan dibandingkan mikrokontoler lain, seperti Bluetooth dan Wi-Fi. Pada aspek GPIO, mikrokontroler ini memiliki fitur yang beragam, seperti 18 pin Analog to Digital Converter (ADC), 2 pin Digital to Analog Converter (DAC), pin komunikasi serial (2 UART, 1 I2C, 1 I2S, dan 1 SPI), 10 pin sensor sentuh, dan 16 pin PWM[9]

2.2. Blok Diagram Kontrol

Blok diagram kontrol sistem pengontrolan suhu pada vending machine yang menjabarkan proses metode kontrol PID yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.

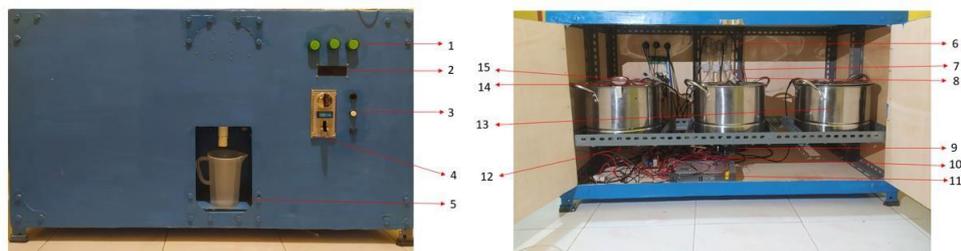


Gambar 2 : Blok Diagram Kontrol

Pada diagram blok kontrol diatas terdapat set point yang merupakan suhu minuman yang diinginkan. Sensor suhu DS18B20 digunakan sebagai pembaca suhu air didalam tangki yang kemudian akan diolah oleh sistem kontrol PID. Hasil dari perhitungan ini nantinya akan digunakan untuk menentukan nilai sinyal PWM yang akan dikirimkan oleh ESP32 ke driver sebagai tegangan untuk menyalakan elemen pemanas. Dengan adanya rpson feedback yang diberikan oleh sensor, maka terciptalah sistem close loop pada alat ini.

2.3. Perancangan Hardware

Perancangan Hardware meliputi bagian perencanaan mekanisme alat, yang terdiri dari perancangan mekanik, perancangan elektrik, serta spesifikasi alat secara umum. Berikut adalah tampilan fisik alat yang ditunjukkan paa Gambar 3.



Gambar 3 : Tampak Depan dan Belakang Alat

Dengan penjelasan gambar sebagai berikut.

- | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|--|
| 1. Lampu indikator ketersediaan | 6. Pompa DC | 11. <i>Power supply</i> |
| 2. LCD tampilan menu | 7. <i>Water flow sensor</i> | 12. <i>Heater</i> |
| 3. Tombol navigasi menu | 8. Selang silicon | 13. Panci minuman (Panas, Biasa, Dingin) |



- 4. Multi coin acceptor
- 5. Tempat pengisian minuman
- 9. Peltier set
- 10. Tempat modul elektrik
- 14. Sensor Ultrasonik
- 15. Sensor Suhu

a. Spesifikasi Mekanik

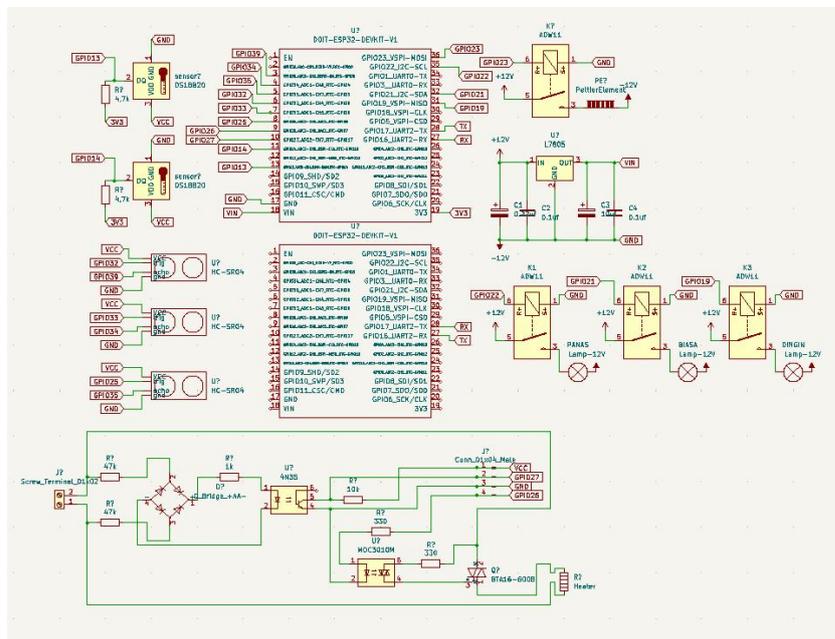
Vending machine ini memiliki dimensi dengan panjang 1000 mm, lebar 500 mm dan tinggi 600 mm. Sebagai penutup badan kerangka, digunakan tripleks dengan ketebalan 6mm. Pada bagian dalam, terdapat tiga buah panci untuk masing – masing minuman. Panci ini terbuat dari bahan stainless steel dan memiliki diameter 260 mm, tinggi 180 mm, dengan volume 5 L.

b. Spesifikasi Elektrik

Untuk dapat beroperasi, vending machine ini memerlukan supply 220 V dari tegangan jala – jala PLN. Tegangan ini digunakan untuk menghidupkan PSU 12 V untuk beberapa komponen elektrik pada vending machine seperti pompa DC dan multi coin acceptor. Kemudian juga terdapat 5V regulator, yang merubah tegangan 12 V menjadi 5 V. Tegangan 5 V ini digunakan untuk menghidupkan mikrokontroler dan water flow sensor

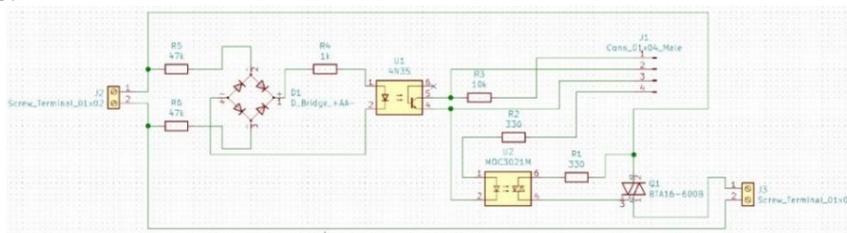
2.4. Perancangan Elektronik

Berikut adalah rangkaian elektronik keseluruhan yang digunakan pada sistem seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 Rangkaian Keseluruhan Sistem

Pada Gamabr 4, terdapat rangkaian *dimmer* berfungsi untuk mengontrol kerja elemen pemanas yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 :Rangkaian Dimmer AC



Pada rangkaian ini menggunakan IC 4N25 yang digunakan untuk mendeteksi zero crossing. Zero crossing detector berfungsi untuk mendeteksi perpotongan gelombang sinus pada tegangan AC dengan zero point tegangan AC tersebut, sehingga dapat memberikan sinyal acuan saat dimulainya pemicuan sinyal PWM. MOC3021 digunakan untuk memberikan trigger ke kaki gate pada TRIAC setelah menerima sinyal dari mikrokontroler ESP32. TRIAC BTA16 digunakan sebagai switch yang akan bekerja setelah kaki gate mendapatkan trigger dari MOC3021 dan akan mengontrol kerja elemen pemanas [10]

2.5. Perancangan Software

Perancangan software meliputi perancangan PID dengan Metode Ziegler nichlos 1 untuk menghitung nilai Kp, Ki, dan Kd yang akan dikirimkan untuk mengatur suhu supaya stabil. Berikut tabel perhitungan menggunakan metode Ziegler Nichlos 1 yang ditunjukkan pada Tabel I.

TABEL I: Tabel Metode Ziegler Nichols 1

Tipe Kontrol	Kp	Ti	Td
P	T/L	~	0
PI	0,9T/L	L/0,3	0
PID	1,2T/L	2L	0,5L

Keterangan

L = Delay Time

T = Konstanta Waktu Tunda

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Tegangan AC Dimmer

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan efektif output yang dikendalikan oleh dimmer untuk mengatur elemen pemanas. Berikut hasil pengujiannya yang ditunjukkan pada Tabel II

TABEL II : Tabel Pengujian Driver AC

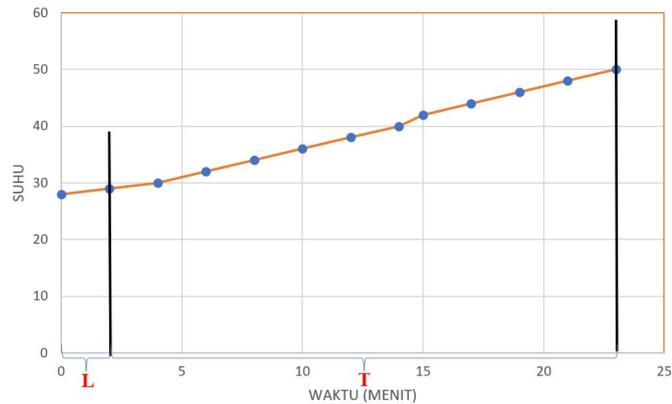
PWM	DELAY (μ s)	TEGANGAN OUTPUT (V)
0	7200	35
25	5927	55
50	5290	75
75	4654	95
100	4018	110
125	3381	130
150	2745	145
175	2109	160
200	1472	180
225	836	190
255	200	196

Dari data Tabel II, dapat dianalisa bahwa pengaruh PWM terhadap tegangan output dari AC dimmer adalah linear.



3.2. Pengujian Elemen Pemanas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan seberapa lama elemen pemanas dalam memanaskan air. Berikut grafik pengujiannya yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 : Grafik Pengujian Tanpa Menggunakan Kontrol PID

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa elemen pemanas dapat memanaskan air mencapai suhu 50 0C dengan waktu 23 menit. Setelah melakukan pengujian diatas Langkah yang selanjutnya dilakukan adalah tuning dengan menggunakan Zieger Nichlos 1. Setelah melakukan tuning dan sudah mendapatkan nilai konstanta, Langkah yang dilakukan adalah melakukan pengujian dengan memasukan nilai konstanta yang telah didapatkan tadi. Berikut hasil pengujiannya yang ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL III : Hasil Pengujian Setelah Memasukan Konstanta PID

PERUBAHAN SUHU (°C)	WAKTU (MENIT)
29	0
30	1
32	3
35	6
40	10
45	16
50	22
50	32

Setelah mencapai suhu 500C diamati selama 10 menit suhu tetap stabil pada suhu 500C. Sebelum dimasukan nilai konstanta PID dan setelah mencapai suhu 500C suhu akan terus naik.

Apabila diberi gangguan pada elemen pemanas misalnya ditambah air dingin maka suhu akan turun dan akan naik sampai suhu setpoint lagi dalam waktu 5 menit. Berikut tabel pengujiannya yang ditunjukkan pada Tabel IV.



TABEL IV : Hasil Pengujian dengan memberi gangguan Air Dingin

PERUBAHAN SUHU (°C)	WAKTU (MENIT)
29	0
30	1
32	3
35	6
40	10
45	16
50	22
45	27
50	32

Apabila diberi gangguan pada elemen pemanas misalnya ditambah air panas maka suhu akan naik dan akan turun sampai suhu setpoint lagi dalam waktu 5 menit juga. Berikut tabel pengujianya yang ditunjukkan pada Tabel V.

TABEL V : Perubahan Suhu Setelah Diberi Gangguan Air Panas

PERUBAHAN SUHU (°C)	WAKTU (MENIT)
29	0
30	1
32	3
35	6
40	10
45	16
50	22
55	27
50	32

Dari berbagai hasil pengujian diatas, kontrol PID yang diterapkan pada sistem ini sudah bekerja cukup baik karena setelah diberi gangguan apapun kontrol akan berusaha mengembalikan ke kondisi suhu setpoint dan suhu dapat stabil pada suhu setpoint. Untuk delay time dan konstanta waktu tunda juga sudah cukup baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan yaitu :



1. Dengan menambahkan nilai $K_p = 12,6$, $K_i = 3,15$, dan $K_d = 12,6$ dapat menstabilkan suhu pada 50°C . Ditandai dengan diberikannya gangguan kontrol PID akan segera mengembalikan ke suhu setpoint.
2. Error yang dihasilkan antara pembacaan sensor dan thermometer mendapatkan error yang kecil dimana suhu yang terbaca thermometer $60,80^\circ\text{C}$ dan yang terbaca sensor $59,50^\circ\text{C}$ sehingga terdapat error 0.026%
3. Untuk memanaskan 5 Liter air membutuhkan waktu 22 menit dengan suhu awal sekitar 28°C hingga mencapai 50°C .
4. Setelah diberi gangguan dengan cara manambah air panas atau air dingin, suhu akan Kembali pada suhu set point dalam waktu kurang lebih 5 menit.
5. Untuk mendinginkan 5 liter air menggunakan peltier dari suhu awal 28°C menjadi 20°C membutuhkan waktu yang cukup lama, yaitu 4 jam.
6. Apabila sensor ultrasonik membaca jarak $4,68\text{cm}$ bertanda air persediaan dalam tangki telah habis dan lampu indikator mati. Apabila sensor ultrasonik membaca jarak $13,18$ bertanda persediaan air dalam tangki masih tersedia dan lampu indikator menyala.
7. Dengan transmitter mengirimkan data ke receiver yang ditandai dengan sensor ultrasonik mengirimkan hasil pembacaan ke receiver dan lampu indikator mati dimana nantinya pembeli tidak bisa membeli minuman yang lampu indikatornya mati.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepadadosen pembimbing saya yang sudah membimbing penyusunan laporan skripsi hingga jurnal.Semoga rahmat dilimpahkan selalu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irnawati, "Peranan teknologi informasi dan Komunikasi di masa pandemi Covid 19," *Fakt. Exacta*, vol. 8, no. 1, pp. 14–22, 2015, [Online]. Available: https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Faktor_Exacta/article/viewFile/302/288
- [2] U. M. D. E. C. D. E. Los, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," pp. 1–5.
- [3] S. S. Brief, "Cairan tubuh, elektrolit & mineral," *Pol. Sport. Sci. Perform. Lab*, vol. 01, no. 01, pp. 1–6, 2007, [Online]. Available: www.pssplab.com
- [4] Dani prasetya, "Industri minuman ringan makin bergairah," *KONTAN.CO.ID*, 2011. <https://industri.kontan.co.id/news/industri-minuman-ringan-makin-bergairah> (accessed Jun. 22, 2022).
- [5] D. Sujana, Q. Mardzotillah, A. Nuraidin, M. A. Rosip, and W. Sulistiano, "Komparasi Analisa Sistem Simulasi Vending Machine Automatic Cash Money Dan E-Money Di Universitas Islam Syekh Yusuf Tangerang," vol. 7, no. 1, pp. 7–12, 2019.
- [6] B. A. Chairawati, B. Priyadi, and S. Siswoko, "Pengkondisian Level dan Suhu Tangki Minuman pada Eco Vending Machine," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 163, 2021, doi: 10.33795/elk.v8i2.245.
- [7] 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.
- [8] P. I. D. Proporsional and I. Derivative, "Deskripsi Buku :," *Test*, 2008.
- [9] E. Systems, "rR us Fo sia n ar ke t Fo rR us sia n ar t," 2022.
- [10] A. Ramadhani, "Water Temperature Control Using PID Control System Based on LabVIEW," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 35–46, 2016, doi: 10.34010/telekontran.v4i2.1888.

