

Pengering Sepatu Menggunakan *Fuzzy Logic Controller* dengan *Monitoring* Berbasis *Internet of Things*

Shoe Dryer Using Fuzzy Logic Controller with Internet of Things-Based Monitoring

Aqsal Renaldi Permata Dewata¹, Parama Diptya Widayaka^{2*},

^{1,2}Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

aqsal.20013@mhs.unesa.ac.id¹, paramawidayaka@unesa.ac.id^{2*}

Informasi Artikel:

Diterima: 14 Mei 2024, Direvisi: 22 Juni 2024, Disetujui: 25 Juni 2024

Abstrak-

Latar Belakang: Saat musim hujan tiba, masalah utama yang dihadapi adalah proses pengeringan sepatu dikarenakan cuaca yang tidak menentu. Terlebih lagi apabila menjemur sepatu secara langsung di bawah terik matahari dapat menurunkan durabilitas lem dan merusak material dari sepatu.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk membuat pengering sepatu otomatis yang dapat di-*monitoring* secara *online* dan menggunakan logika fuzzy untuk menjaga suhu stabil guna menjaga durabilitas sepatu.

Metode: Penelitian ini menggunakan metode fuzzy mamdani dengan ESP32 sebagai mikrokontroler untuk mengatur kestabilan suhu dari *box* pengering sepatu.

Hasil: Sepatu sneaker didapatkan sepatu kering pada kelembaban 52% dan suhu stabil di $\pm 41^{\circ}C$ dalam waktu 82 menit. Sedangkan untuk sepatu kulit kering pada kelembaban 62,9% dan suhu stabil di $\pm 35^{\circ}C$ dalam waktu 20 menit.

Kesimpulan: Penerapan Logika fuzzy Mamdani berpengaruh dalam menstabilkan suhu, apabila *box* pengering diuji tanpa menggunakan kontroler maka suhu akan terus meningkat dan kelembaban akan turun dengan cepat mengakibatkan sepatu menjadi tidak kering sempurna.

Kata Kunci: Sepatu; *Internet of Things*; Pengering; Fuzzy; Monitoring.

Abstract-

Background: When the rainy season arrives, the main problem faced is the drying process of shoes due to uncertain weather. Moreover, drying the shoes directly under the sun can reduce the glue's durability and damage the shoes' material.

Objective: This research aims to create an automatic shoe dryer that can be monitored online and uses fuzzy logic to maintain a stable temperature to maintain shoe durability.

Methods: This research uses the fuzzy Mamdani method with ESP32 as a microcontroller to regulate the temperature stability of the shoe drying box.

Result: Sneaker shoes were found to dry at 52% humidity and stable temperature at $\pm 41^{\circ}C$ within 82 minutes. Meanwhile, leather shoes dried at 62.9% humidity, and the temperature stabilized at $\pm 35^{\circ}C$ within 20 minutes.

Conclusion: The application of Mamdani fuzzy logic has an effect in stabilizing the temperature; if the drying box is tested without using a controller, the temperature will continue to increase, and the humidity will drop quickly, resulting in shoes not being completely dry.

Keywords: Shoes; *Internet of Things*; Dryer; Fuzzy; Monitoring.

Penulis Korespondensi:

Parama Diptya Widayaka,
Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia,
Email: paramawidayaka@unesa.ac.id

How to Cite: A. R. P. Dewata and P. D. Widayaka, "Pengering Sepatu Menggunakan Fuzzy Logic Controller dengan Monitoring Berbasis Internet of Things," *Jurnal Bumigora Information Technology (BITe)*, Vol. 6, No. 1, pp. 15-30, Juni 2024.

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

1. PENDAHULUAN

Sepatu merupakan salah satu jenis alas kaki yang berguna untuk melindungi kaki dari gesekan, benturan, kotoran, dan juga benda jatuh [1]. Sepatu sendiri memiliki berbagai macam jenis dan bahan yang digunakan tergantung fungsi dari sepatu itu sendiri. Untuk acara formal biasanya menggunakan sepatu *fantovel* atau sepatu kulit, untuk acara yang lebih santai biasanya menggunakan sepatu *sneakers*, untuk bekerja lapangan biasanya menggunakan sepatu *boots* atau sepatu *safety*.

Saat musim kemarau, cuaca sangat panas dan menyebabkan tubuh mudah berkeringat terutama bagian kaki yang tertutup sepatu. Sepatu yang sering dipakai semakin lama akan menjadi lembab karena keringat. Saat keringat bercampur dengan kuman dan bakteri, ini akan menyebabkan bau [2]. Hal ini tidak bisa dianggap sepele karena dengan adanya kuman dikaki dapat menyebabkan penyakit seperti jamur kaki [3]. Saat musim hujan tiba, masalah utama yang dihadapi adalah proses pengeringan sepatu dikarenakan cuaca yang tidak menentu. Terlebih lagi apabila menjemur sepatu secara langsung di bawah terik matahari dapat menurunkan durabilitas lem dan memudarkan warna bahkan merusak material dari sepatu [4]. Oleh karena itu pengering sepatu adalah alat yang sangat dibutuhkan saat ini. Alasannya adalah fungsi alat itu sendiri yang dapat mengeringkan sepatu kapan pun dengan cepat. Alat pengering sepatu yang bagus saat ini harganya cukup mahal [5]. Sedangkan alat pengering sepatu dengan harga murah membutuhkan waktu lama untuk mengeringkan dan suhunya yang tidak dapat diatur. Selain itu alat pengering sepatu dengan harga murah tidak memiliki lampu sinar UV untuk membunuh kuman dan bakteri penyebab penyakit sebagai ganti sinar UV dari matahari.

Pada tahun 2024 terdapat penelitian yang dilakukan oleh Zulfikar Iannur Awwal dan kawan kawan tentang Implementasi Kontrol PID Untuk Pengaturan Suhu dan Kelembaban Pada Lemari Pengering Pakaian [6]. Dalam penelitian tersebut, peneliti menggunakan metode PID dan alat pemanasnya menggunakan *heater*. Dalam penelitian ini suhu stabil pada $\pm 40^{\circ}\text{C}$. Kekurangan penelitian ini adalah *rise time* yang diperlukan oleh sistem memakan waktu yang cukup lama, yaitu 15 menit. Pada tahun 2023 juga terdapat penelitian oleh Muhammad Reski Ramadhan, dan Muhamad Ariandi dengan judul Rancang Bangun *Box* Pengering Sepatu Berbasis Mikrokontroler [1]. Dalam penelitian tersebut peneliti menggunakan logika sederhana tanpa metode yang apabila suhu berada di bawah 29°C maka kipas *peltier* panas hidup, *mist maker* mati, lampu UV-C mati, dan kipas *peltier* dingin mati. Lalu apabila suhu berada di atas 34°C maka kipas *peltier* panas mati, *mist maker* hidup, lampu UV-C hidup, dan kipas *peltier* dingin hidup. Alat ini tergolong semi otomatis dikarenakan kita masih harus mengecek apakah sepatu sudah kering atau belum. Pada tahun 2023 juga terdapat penelitian yang dilakukan oleh Muh. Rais Ramdan, Taufik Akbar, dan Hadian Mandala Putra dengan judul Sistem *Monitoring* Pengering Sepatu Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) [7]. Dalam penelitiannya, peneliti juga menggunakan logika sederhana yang apabila suhu kurang dari atau sama dengan $47.40^{\text{circ}}\text{C}$ maka *relay* akan aktif otomatis menyalakan kipas dan pemanas. Setelah itu *relay* akan mati jika suhu melebihi 47.40°C . Sama seperti penelitian oleh [1], alat ini belum menggunakan metode sehingga suhu yang dihasilkan belum terlalu stabil. Pada tahun 2022 juga pernah dilakukan penelitian oleh Okta Andrica Putra, Harkamsyah Andrianof, Aggy Pramana Gusman dengan judul *The Design of The Dryer Shoes Automatic Based on Moisture Uses The Method PID* [8]. Dalam penelitiannya, peneliti menggunakan metode PID untuk mengatur suhu dan kelembapan alat pengering sepatu. Pada penelitian ini suhu stabil hanya di angka 40°C , dan penelitian oleh [8] masih menggunakan metode PID. Pada tahun 2022 terdapat penelitian oleh Tiya Adita Oktavia, Umi Murdika, Sri Purwiyanti, dan Sri Ratna Sulistiyanti dengan judul Rancang Bangun Alat Pengering Pakaian Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* [9]. Penelitian ini menggunakan logika *fuzzy* untuk mengatur heater dan motor fan yang berguna untuk mengeringkan pakaian. Akan tetapi output *fuzzy*-nya berupa *on/off aktuator* yang mengakibatkan metode yang digunakan tidak jauh berbeda dengan *on/off controller* biasa dan suhu yang dihasilkan tidak stabil pada *set point* tertentu.

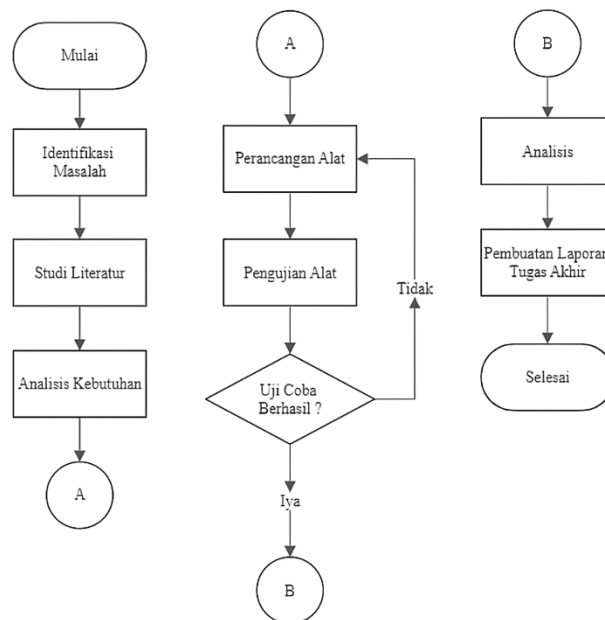
Terdapat beberapa kesenjangan yang belum terselesaikan pada penelitian terdahulu seperti *rise time* yang cukup lama dari penelitian oleh [6], suhu yang kurang stabil seperti beberapa penelitian oleh [1, 7, 9]. Perbedaan penelitian ini adalah metode yang digunakan, yaitu *fuzzy logic controller* yang keluaran *fuzzy*-nya

berupa nilai *Pulse Wide Modulation* (PWM) sehingga dapat mengatur aktuator lebih akurat serta alat yang dapat di-*monitoring* berbasis IoT. *Fuzzy logic* berguna untuk menentukan logika yang lebih manusiawi, tidak hanya iya atau tidak, benar atau salah, tetapi bisa diantaranya [10]. Tujuan penelitian ini yaitu untuk membantu memecahkan masalah kestabilan suhu dibidang pengeringan. Selain itu diharapkan penelitian ini juga bermanfaat sebagai pembelajaran tentang salah satu contoh pemanfaatan logika *fuzzy*.

2. METODE PENELITIAN

Pendekatan dari penelitian ini adalah *research and development*. Data-data yang digunakan berupa suhu, kelembaban dan nilai PWM yang didapat dari studi literatur, observasi, dan pengukuran menggunakan alat ukur. Pada penelitian ini, peneliti membuat prototipe guna menguji dan mengaplikasikan metode logika *fuzzy* mamdani pada alat pengering sepatu. Perhitungan digunakan untuk menguji apakah alat telah sesuai dengan teori dari metode yang digunakan.

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti alur penelitian yang ditentukan dalam diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dari diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1 dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Merupakan tahap awal yang dilakukan peneliti untuk pengidentifikasian masalah berdasarkan hasil pengamatan peneliti.

2. Studi Literatur

Merupakan tahap di mana peneliti mencari referensi dari penelitian-penelitian terdahulu terkait penelitian yang akan dilakukan untuk mempelajari dan memahami teori-teori yang berhubungan.

3. Analisis kebutuhan

Merupakan tahap di mana peneliti menentukan kebutuhan dan komponen penyusun apa saja yang akan digunakan untuk penelitian yang diharapkan dapat membuat sistem yang benar.

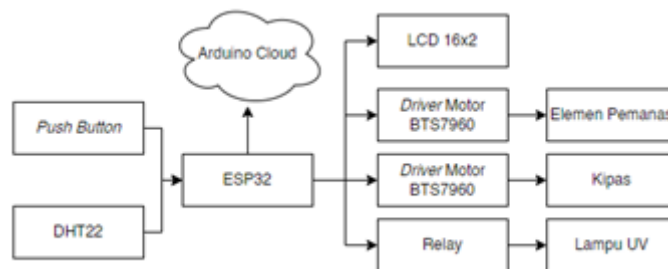
4. Perancangan Alat

Merupakan tahap di mana peneliti melakukan proses perancangan *hardware* berdasarkan desain yang telah dibuat.

5. Analisis

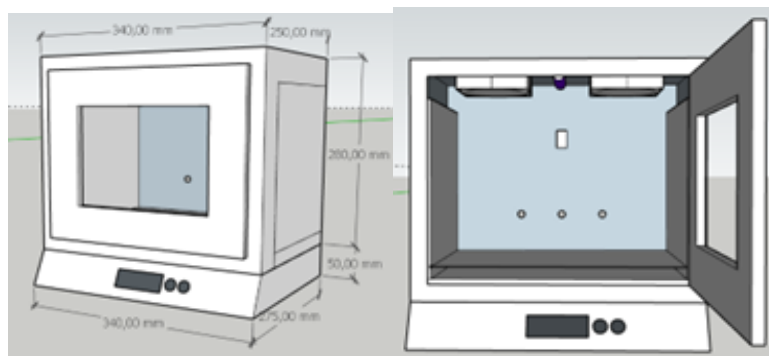
Merupakan tahap menganalisa hasil penelitian hingga dapat ditarik sebuah kesimpulan dan saran.

Diagram blok sistem dibuat untuk mempermudah menganalisa rangkaian. Dari Gambar 2, ESP32 digunakan sebagai pusat kontroler. *Push button* dan sensor DHT22 sebagai input. Sedangkan output-nya berupa tampilan LCD 16x2, *driver* motor BTS7960 yang digunakan untuk mengatur elemen pemanas dan kipas, yang terakhir relay untuk mengatur lampu UV. ESP32 akan diprogram dan ditambahkan logika *fuzzy* agar dapat mengolah input untuk menghasilkan output yang sesuai. Hasil pembacaan sensor akan dikirimkan ke *Arduino Cloud* agar hasilnya dapat di-*monitoring*.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Desain alat berguna untuk menyesuaikan kebutuhan alat dengan pengguna dan analisis bahan yang dibutuhkan [11]. Rencana desain alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. *Box* yang digunakan berbahan dasar seng dan aluminium yang berukuran 35 cm x 24 cm x 28 cm. *Box* ini setidaknya muat 1 pasang sepatu ukuran orang dewasa. Bagian bawah yang merupakan tempat komponen terbuat dari akrilik dengan tinggi 5 cm yang telah dilubangi sesuai ukuran LCD 16x2 dan *push button*. Terdapat 2 kipas di bagian atas dan 2 elemen pemanas di bagian kiri dan kanan. Sensor DHT22 akan diletakkan di bagian dinding belakang *box*. Lampu UV diletakkan di bagian atas *box*. LCD dan PB terdapat di bagian depan panggung *box*. Untuk rangkaian terdapat di dalam panggung *box*. Terdapat 3 lubang ventilasi untuk keluarnya uap.



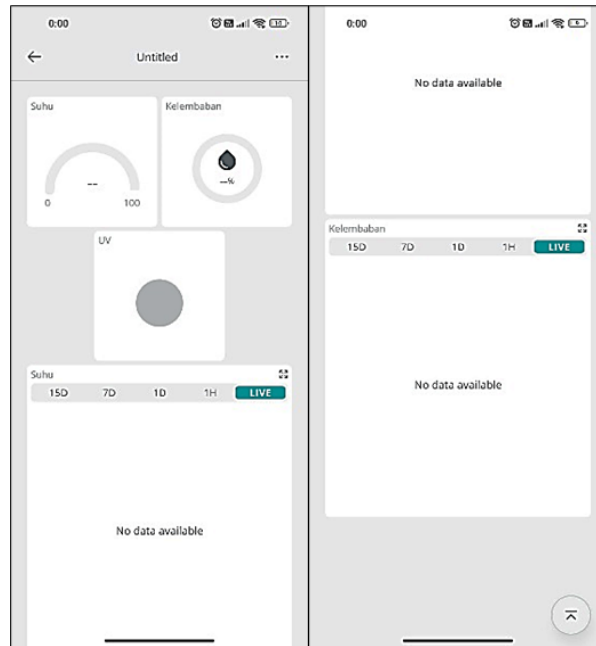
Gambar 3. Desain 3D *Box* Pengering Sepatu

Software monitoring yang digunakan adalah milik *Arduino Cloud*. *Arduino Cloud* adalah platform yang dikembangkan oleh Arduino digunakan khusus untuk pengembangan proyek IoT [12]. Tampilan dashboard desktop langsung dapat disesuaikan dengan tampilan *dashboard mobile*. Pada Gambar 4 dan Gambar 5 terlihat

tampilan variabel suhu dan kelembapan. Terdapat pula indikator apabila lampu UV aktif atau nonaktif. Di bagian bawah juga terdapat tempat grafik untuk melihat perubahan suhu dan kelembapan dari waktu ke waktu.

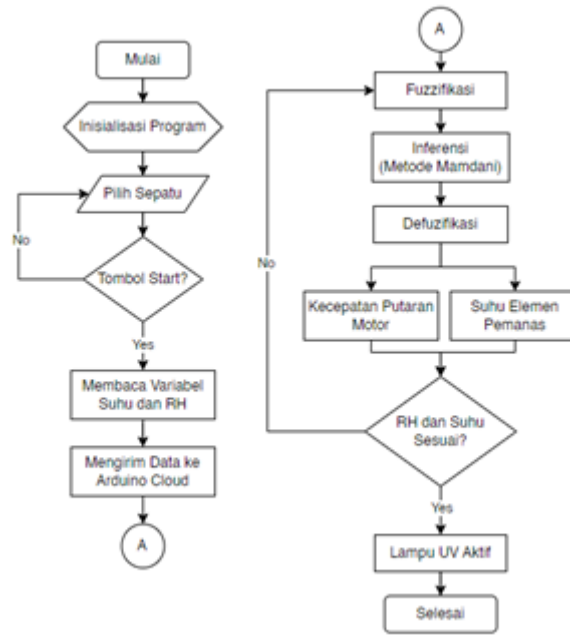


Gambar 4. Tampilan *Dashboard Arduino Cloud* pada PC



Gambar 5. Desain 3D *Box Pengering Sepatu*

Diagram alir (*flowchart*) adalah suatu jenis diagram yang mempresentasikan algoritma ke dalam bentuk blok blok unik yang berisi langkah langkah dan instruksi secara berurutan [13]. Pada Gambar ?? terdapat *flowchart* kerja sistem yang dimulai dengan start sebagai awal mulai program dan sistem. Lalu inialisasi program untuk menentukan variabel dan library yang digunakan. Selanjutnya memilih jenis sepatu, apakah sepatu sneaker atau sepatu kulit. Setelah menentukan jenis sepatu, maka PB start ditekan dan proses pembacaan variabel suhu dan kelembapan oleh sensor akan dimulai dan data yang diperoleh akan dikirimkan ke *Arduino Cloud*. Selain itu data yang didapat juga difuzzifikasi dalam mikrokontroler. *Fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy* mamdani.

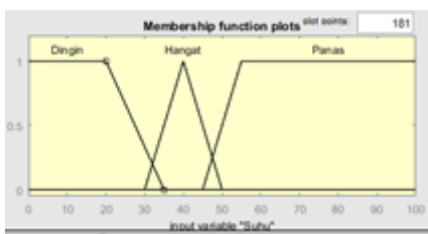


Gambar 6. Diagram Alir Cara Kerja Sistem

Proses *fuzzyfikasi* merupakan perubahan angka parameter numerik yang terbaca oleh sensor (crispt) menjadi angka yang dipahami *Fuzzy*. Selanjutnya proses inferensi *Fuzzy* adalah penggabungan nilai variabel dengan operator AND. Dikarenakan menggunakan operator AND, maka fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN pada setiap rule. Setelah proses inferensi *Fuzzy* maka *defuzzifikasi* diperlukan. *Defuzzifikasi* adalah proses di mana setiap angka *fuzzy* yang sudah di proses sebelumnya dikumpulkan menjadi satu, diubah menjadi angka crispt [14].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

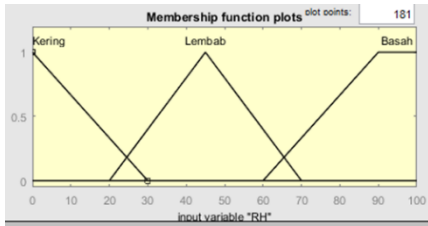
Pada penelitian ini, *fuzzy* yang digunakan memiliki 3 input dan 2 output. Input-nya adalah jenis sepatu, suhu, dan RH. Suhu dan RH diukur menggunakan sensor DHT22, sedangkan jenis sepatu dipilih di layar LCD. Output *fuzzy* berupa kipas dan elemen pemanas. Untuk membership function masing masing input dan output dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.



Gambar 7. Membership Fuction Input Suhu

Tabel 1. Membership Input Suhu

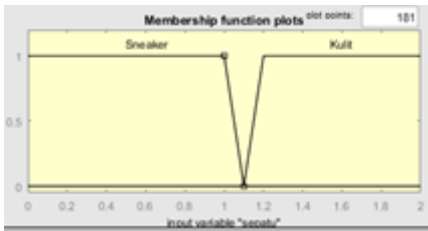
Keterangan	Range
Dingin	0°C-35°C
Hangat	30°C-50°C
Panas	45°C-100°C



Gambar 8. Membership Fuction Input Kelembaban

Tabel 2. Membership Input Kelembaban

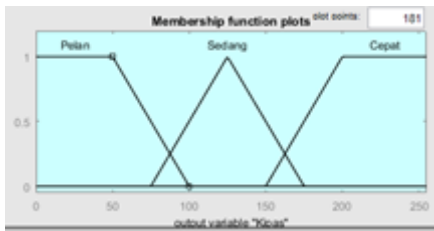
Keterangan	Range
Kering	0%-30%
Lembab	20%-70%
Basah	60%-100%



Gambar 9. Membership Fuction Input Sepatu

Tabel 3. Membership Input Sepatu

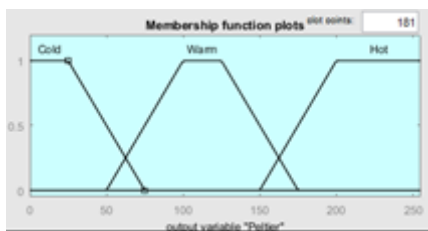
Keterangan	Range
Sneaker	0 1.1
Kulit	1.1 - 2



Gambar 10. Membership Fuction Output Kipas

Tabel 4. Membership Output Kipas

Keterangan	Range
Pelan	0 100
Sedang	75 175
Cepat	150 - 255



Gambar 11. Membership Fuction Output Pemanas

Tabel 5. Membership Output Pemanas

Keterangan	Range
Cold	0 75
Warm	50 175
Hot	150 - 255

Aturan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. If (Suhu is Dingin) and (RH is Kering) and (sepatu is Sneaker) then (Kipas is Pelan)(Peltier is Cold) (1)
2. If (Suhu is Hangat) and (RH is Kering) and (sepatu is Sneaker) then (Kipas is Sedang)(Peltier is Cold) (1)

3. If (Suhu is Panas) and (RH is Kering) and (sepatu is Sneaker) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Cold) (1)
4. If (Suhu is Dingin) and (RH is Lembab) and (sepatu is Sneaker) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Hot) (1)
5. If (Suhu is Hangat) and (RH is Lembab) and (sepatu is Sneaker) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Warm) (1)
6. If (Suhu is Panas) and (RH is Lembab) and (sepatu is Sneaker) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Cold) (1)
7. If (Suhu is Dingin) and (RH is Basah) and (sepatu is Sneaker) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Hot) (1)
8. If (Suhu is Hangat) and (RH is Basah) and (sepatu is Sneaker) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Warm) (1)
9. If (Suhu is Panas) and (RH is Basah) and (sepatu is Sneaker) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Cold) (1)
10. If (Suhu is Dingin) and (RH is Kering) and (sepatu is Kulit) then (Kipas is Pelan)(Peltier is Cold) (1)
11. If (Suhu is Hangat) and (RH is Kering) and (sepatu is Kulit) then (Kipas is Sedang)(Peltier is Cold) (1)
12. If (Suhu is Panas) and (RH is Kering) and (sepatu is Kulit) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Cold) (1)
13. If (Suhu is Dingin) and (RH is Lembab) and (sepatu is Kulit) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Cold) (1)
14. If (Suhu is Hangat) and (RH is Lembab) and (sepatu is Kulit) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Cold) (1)
15. If (Suhu is Panas) and (RH is Lembab) and (sepatu is Kulit) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Cold) (1)
16. If (Suhu is Dingin) and (RH is Basah) and (sepatu is Kulit) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Cold) (1)
17. If (Suhu is Hangat) and (RH is Basah) and (sepatu is Kulit) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Cold) (1)
18. If (Suhu is Panas) and (RH is Basah) and (sepatu is Kulit) then (Kipas is Cepat)(Peltier is Cold) (1)

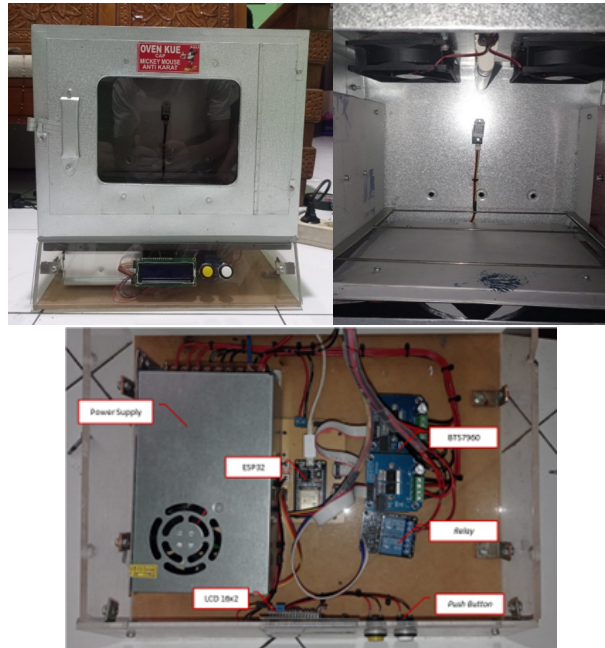
Teknik *defuzzifikasi* yang digunakan adalah *centroid technique*, metode ini mencari *Centre of Gravity* (COG) dari *aggregate set*, Persamaan (1) berikut adalah rumus dari centroid technique [15]:

$$CoG = \frac{\int_a^b \mu(x) x dx}{\int_a^b \mu(x) dx} \quad (1)$$

Seluruh proses mulai dari *fuzzifikasi* hingga *defuzzifikasi* dilaksanakan otomatis oleh program. Hasil angka dari proses *defuzzifikasi* diubah menjadi nilai PWM untuk menentukan kecepatan putaran kipas dan suhu yang di hasilkan peltier. Apabila suhu dan kelembapan telah mencapai set point yang ditentukan (sepatu kering) maka lampu UV akan aktif untuk mensterilkan sepatu dan program telah selesai.

3.1. Hasil Perancangan *Hardware*

Temuan dari penelitian ini berupa alat pengering sepatu yang hasil perancangannya dapat dilihat pada Gambar 12. *Box* pengering memanfaatkan oven kue dikarenakan bahan dari oven dapat menyalurkan panas dengan cepat dan mengurung panas dengan efisien. Komponen elektronika juga berhasil ditata rapi di dalam akrilik yang terletak di bagian bawah *box*.



Gambar 12. Hasil Perancangan *Hardware*

3.2. Pengujian Sepatu Sneaker

Pengujian pertama menggunakan sepatu *sneakers* yang telah dibasahi. Gambar 13 merupakan sepatu yang digunakan untuk percobaan:



Gambar 13. Sepatu Sneaker

Dalam Percobaan ini didapatkan hasil seperti yang terlihat pada Tabel 6. Nilai suhu dan kelembaban didapat dari pembacaan sensor DHT22 dan hasil proses logika *fuzzy* pada ESP32 menghasilkan PWM yang berupa nilai defuzzifikasi yang telah dibulatkan dari bilangan float menjadi bilangan integer.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sepatu Sneaker

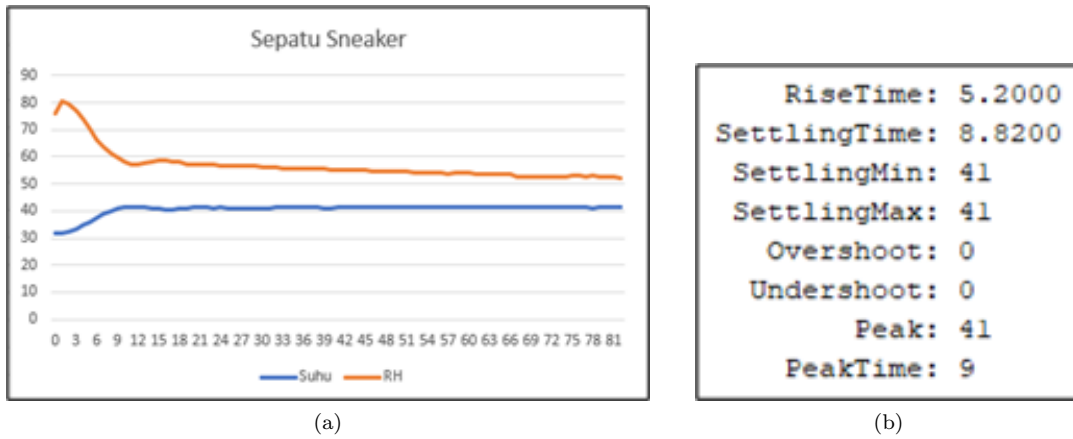
Menit	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Defuzzifikasi (PWM)		Menit	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Defuzzifikasi (PWM)	
			Pemanas	Kipas				Pemanas	Kipas
0	31,7	75,8	160	206	42	41,2	55,2	113	210
1	31,8	80,4	160	206	43	41,2	55,3	113	210
2	32,3	79,7	150	206	44	41,2	55,2	113	210
3	33,3	77,2	134	207	45	41,3	55	113	210
4	34,6	74	117	209	46	41,3	54,8	113	210

Menit	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Deffuzifikasi (PWM)		Menit	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Deffuzifikasi (PWM)	
			Pemanas	Kipas				Pemanas	Kipas
5	35,9	70,2	118	207	47	41,3	54,7	112	210
6	37,5	66,5	112	206	48	41,3	54,6	112	210
7	38,8	63,8	113	206	49	41,3	54,5	112	210
8	39,8	61,5	113	207	50	41,4	54,8	113	210
9	40,7	59,9	113	206	51	41,3	54,5	112	210
10	41,4	58,2	112	209	52	41,4	54,4	112	210
11	41,4	57,4	113	209	53	41,2	54,4	112	210
12	41,4	57,4	113	209	54	41,4	54,3	112	211
13	41,2	57,7	113	209	55	41,4	54,3	112	211
14	41	58,3	112	209	56	41,3	54,1	112	211
15	40,7	58,7	113	209	57	41,2	53,8	113	211
16	40,6	58,9	113	208	58	41,3	54,1	112	211
17	40,6	58,4	112	209	59	41,3	54,1	112	211
18	40,9	58,2	112	209	60	41,3	54	113	211
19	41	57,4	113	209	61	41,3	53,8	113	211
20	41,2	57,3	113	209	62	41,4	53,7	113	211
21	41,2	57	112	209	63	41,4	53,6	113	211
22	41,2	57	112	209	64	41,3	53,7	113	211
23	41,1	57	112	209	65	41,3	53,5	113	211
24	41,2	56,9	112	209	66	41,4	53,4	112	211
25	41,1	56,9	112	209	67	41,4	52,8	112	211
26	41	56,8	112	209	68	41,4	52,8	112	211
27	41,1	56,9	112	209	69	41,4	52,7	113	211
28	40,9	56,7	112	209	70	41,4	52,6	113	211
29	41,1	56,6	112	210	71	41,4	52,5	113	211
30	41,1	56,2	113	210	72	41,4	52,5	113	211
31	41,1	56,2	113	210	73	41,4	52,6	113	211
32	41,2	56,2	113	210	74	41,4	52,8	112	211
33	41,2	55,8	112	210	75	41,4	52,9	112	211
34	41,2	55,6	112	210	76	41,3	52,9	112	211
35	41,2	55,7	112	210	77	41,2	52,8	112	211
36	41,3	55,9	112	210	78	41,1	52,9	112	211
37	41,2	55,8	112	210	79	41,3	52,7	113	211
38	41,4	55,9	112	210	80	41,3	52,6	113	211
39	41,1	55,6	112	210	81	41,4	52,5	113	211
40	41,1	55,3	113	210	82	41,4	52,1	112	211
41	41,2	55,4	112	210					

Berdasarkan Gambar 14 (a) dan (b), setelah dilakukan beberapa kali uji coba, diketahui bahwa sepatu sneaker kering dalam waktu 82 menit di kelembaban 52% dan suhu stabil di $\pm 41^{\circ}C$. Detail data didapatkan menggunakan Matlab. Data yang diperoleh dibulatkan dan dimasukkan ke dalam matlab untuk mendapatkan RiseTime, SettlingTime, dan Overshoot. Dari Gambar 14a, garis merah merupakan Set Point dan garis biru merupakan grafik respon sistem. Proses pengeringan sepatu sneaker memiliki RiseTime 5,2 menit dan SettlingTime 8,82 menit pada suhu $\pm 41^{\circ}C$ (dibulatkan). Untuk mengetahui perbedaan sepatu kering dan basah dilakukan pengukuran berat sepatu pada Tabel 7:

Tabel 7. Perbandingan Berat Sepatu Sneaker

Berat Kering (g)	Berat Basah (g)	Berat Setelah Dikeringkan (g)
641	687	643



Gambar 14. (a) Grafik Suhu dan Kelembaban (b) Detail Grafik

3.3. Pengujian Sepatu Kulit Sintetis

Pengujian kedua menggunakan sepatu kulit sintetis yang telah dibasahi. Gambar 15 merupakan sepatu kulit sintetis yang digunakan dalam pengujian:



Gambar 15. Sepatu Kulit Sintetis

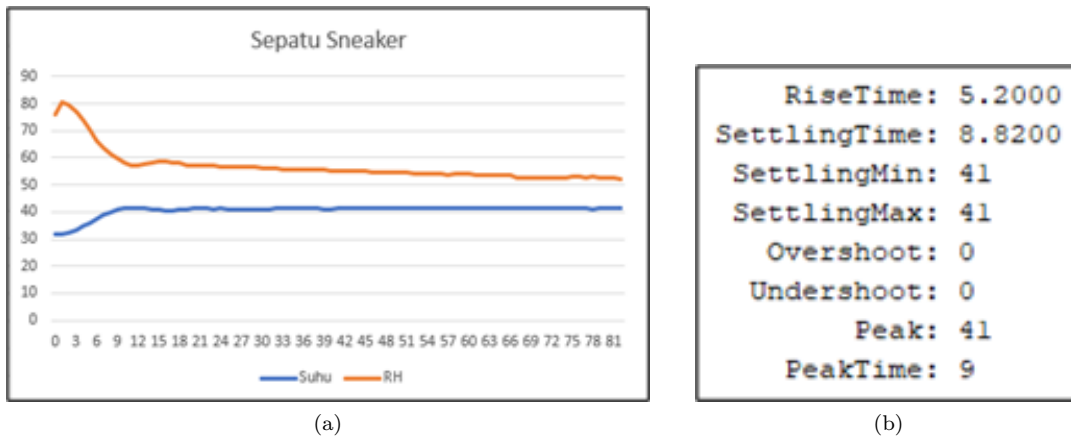
Dalam Percobaan ini didapatkan hasil seperti yang terlihat pada Tabel 8. Nilai suhu dan kelembaban didapat dari pembacaan sensor DHT22 dan hasil proses logika fuzzy pada ESP32 menghasilkan PWM yang berupa nilai defuzzifikasi yang telah dibulatkan dari bilangan float menjadi bilangan integer.

Tabel 8. Hasil Pengujian Sepatu Kulit Sintetis

Menit	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Deffuzifikasi (PWM)		Menit	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Deffuzifikasi (PWM)	
			Pemanas	Kipas				Pemanas	Kipas
0	31,3	72,4	34	206	630	33,7	68,8	33	207
30	31,2	76,3	34	206	660	33,8	68,2	33	206
60	31,2	76,9	34	206	690	34	67,7	34	206
90	31,2	77,2	34	206	720	34,1	67,4	34	206
120	31,2	77,1	34	206	750	34,2	66,9	34	306
150	31,2	76,8	34	206	780	34,3	66,6	34	206
180	31,4	76,6	34	206	810	34,4	66,2	34	206
210	31,5	76,1	34	206	840	34,5	65,8	35	206
240	31,7	75,6	34	206	870	34,6	66	34	206
270	31,9	75,4	34	206	900	34,7	65,8	35	206
300	32,1	74,8	34	206	930	34,7	65,4	35	205
330	32,3	74,2	34	206	960	34,8	65,3	35	205
360	32,4	73,8	34	206	990	34,9	64,9	34	206

Tabel 8. Hasil Pengujian Sepatu Sneaker

Menit	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Deffuzifikasi (PWM)		Menit	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Deffuzifikasi (PWM)	
			Pemanas	Kipas				Pemanas	Kipas
390	32,6	73,3	34	206	1020	34,9	64,5	34	206
420	32,7	72,6	34	206	1050	35	64,3	34	206
450	32,9	72,1	33	207	1080	35,1	63,9	34	206
480	33,1	71,4	33	207	1110	35,2	63,8	34	206
510	33,2	71,1	33	207	1140	35,3	63,6	34	206
540	33,2	70,6	33	207	1170	35,4	63,4	34	206
570	33,4	69,9	33	207	1200	35,4	63,2	34	206
600	33,6	69,5	33	207	1230	35,4	62,9	33	207



Gambar 16. (a) Grafik Suhu dan Kelembaban (b) Detail Grafik

Berdasarkan Gambar 16 (a) dan (b), setelah dilakukan beberapa kali uji coba, diketahui bahwa sepatu kulit kering dalam waktu ± 20 menit di kelembaban 62,9% dan suhu stabil di $\pm 35^\circ C$. Detail data didapatkan menggunakan Matlab. Data yang diperoleh dibulatkan dan dimasukkan ke dalam matlab untuk mendapatkan RiseTime, SettlingTime, dan Overshoot. Dari Gambar 16a, garis merah merupakan Set Point dan garis biru merupakan grafik respon sistem. Proses pengeringan sepatu kulit sintesis memiliki RiseTime 636 detik dan SettlingTime 837,6 detik pada suhu $35^\circ C$. Untuk mengetahui perbedaan sepatu kering dan basah dilakukan pengukuran berat sepatu pada Tabel 9:

Tabel 9. Perbandingan Berat Sepatu Sneaker

Berat Kering (g)	Berat Basah (g)	Berat Setelah Dikeringkan (g)
632	639	633

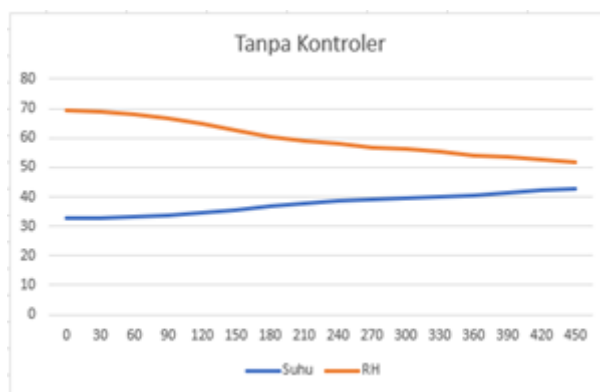
3.4. Pengujian Tanpa Kontroler

Pengujian selanjutnya adalah pengujian tanpa kontroler untuk membandingkan hasil dan grafik pengaruh logika *fuzzy* pada alat pengering sepatu. Pengujian ini dilakukan dengan cara menonaktifkan logika *fuzzy*-nya. Pwm yang masuk ke elemen pemanas dan kipas akan otomatis bernilai 255. Tabel 10 merupakan data yang didapat dari pengujian tanpa kontroler:

Tabel 10. Hasil Pengujian Tanpa Kontroler

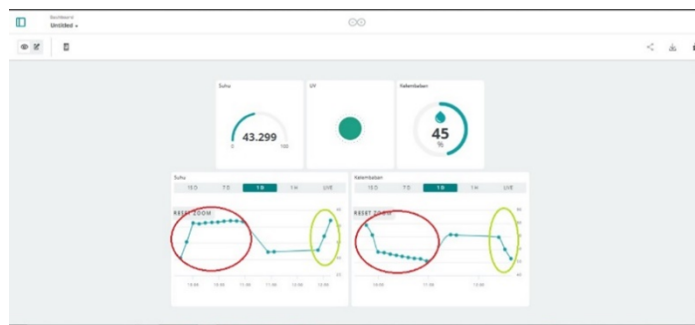
Detik	Suhu($^{\circ}C$)	Kelembaban(%)	Detik	Suhu($^{\circ}C$)	Kelembaban(%)
0	32,8	69,3	240	38,6	58
30	33	69	270	39	56,6
60	33,2	68,2	300	39,5	56,4
90	33,9	66,5	330	40	55,5
120	34,8	64,8	360	40,6	54,1
150	35,4	62,7	390	41,4	53,7
180	36,7	60,5	420	42,1	52,7
210	37,8	58,9	450	42,7	51,9

Grafik suhu yang dihasilkan hanya naik terus, dimulai di suhu $32^{\circ}C$ hingga selesai di suhu $43^{\circ}C$. Terlihat pada Gambar 17 bahwa kelembaban lebih cepat turun saat tidak menggunakan kontroler dikarenakan kecepatan putaran kipas yang selalu pada kecepatan maksimum. Akan tetapi ini membuat sepatu belum kering sepenuhnya saat sistem telah selesai beroperasi dikarenakan penyebaran suhu panas yang belum maksimal pada sepatu dan penurunan kelembaban yang terlalu cepat.



Gambar 17. Grafik Suhu dan Kelembaban

Gambar 18 merupakan perbandingan grafik yang menggunakan kontroler (lingkaran merah) dengan tanpa kontroler (lingkaran hijau) pada *dashboard Arduino Cloud*:



Gambar 18. Tampilan Grafik pada *Dashboard Arduino Cloud*

Hasil pengukuran berat sepatu terdapat pada Tabel 11 di bawah:

Tabel 11. Perbandingan Berat Sepatu Tanpa Kontroler

Berat Kering (g)	Berat Basah (g)	Berat Setelah Dikeringkan (g)
640	653	649

3.5. Pembahasan

Penelitian ini telah sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan PID karena berhasil menghasilkan suhu yang stabil dengan metode yang berbeda. *Box* pengering ini dilengkapi pilihan untuk men-

keringkan jenis sepatu senaker atau kulit yang tidak ada pada penelitian terdahulu. Selain itu pada penelitian ini juga dilengkapi dengan *monitoring* menggunakan IoT yang beberapa penelitian terdahulu belum ada. Pada penelitian ini juga mendapatkan suhu yang lebih stabil dibandingkan dengan penelitian oleh [1] dan [9]. Penelitian ini juga mendapatkan rise time yang lebih cepat dengan set point yang tidak jauh berbeda dibandingkan penelitian [6] yang menggunakan PID.

4. KESIMPULAN

Box Pengering sepatu ini telah berhasil memanfaatkan logika *fuzzy* untuk menstabilkan suhu pada set point yang diinginkan. Logika *fuzzy* berhasil membuat suhu di dalam *box* pengering sepatu menggunakan pemanas PTC stabil di angka 41°C dengan rise time 5,2 menit untuk sepatu sneaker dan 35°C dengan rise time 636 detik untuk sepatu kulit sintetis. Kedua jenis sepatu memiliki nilai overshoot yang sama, yaitu di angka 0. Saat tanpa menggunakan logika *fuzzy* suhu tidak stabil di set point tertentu dan terus naik, sepatu juga menjadi tidak kering. Hasil pembacaan sensor DHT22 yang berupa nilai suhu dan kelembaban juga berhasil di-*monitoring* menggunakan *Arduino Cloud* yang terhubung dengan internet dan dapat diakses menggunakan smartphone maupun personal computer. Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan teknologi dibidang sistem otomasi untuk proses pengeringan.

Adapun saran dari penulis untuk membuat penelitian ini menjadi lebih baik dengan cara menambahkan elemen pemanas dan kipas lagi untuk proses pengeringan yang lebih cepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Ramadhan, "Rancang Bangun Box Pengering Sepatu Berbasis Mikrokontroler," *Electrician : Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 3, pp. 292–297, Sep. 2023. doi: [10.23960/elc.v17n3.2544](https://doi.org/10.23960/elc.v17n3.2544)
- [2] H. R. I. Rahmawan, "Perancangan Kotak Pengering Sepatu Otomatis Menggunakan Positive Temperature Coefficient Heater Berbasis Mikrokontroler dengan Notifikasi Telegram," *Universitas Kristen Setya Kencana*, Feb. 2023.
- [3] A. Nurhidayah, K. R. Dhanti, and S. Supriyadi, "Identifikasi Jamur Patogen Penyebab Dermatofitosis pada Jari Kaki Petani di Desa Bojongsari, Banyumas," *Jurnal Labora Medika*, vol. 5, no. 1, pp. 8–17, Mar. 2021. [10.26714/jlabmed.5.1.2021.8-17](https://doi.org/10.26714/jlabmed.5.1.2021.8-17)
- [4] Yunus, A. P. Widhikdho, A. H. Ramadhani, and B. Anshari, "Automatic shoe drying oven integrated with Raspberry Pi Cloud system for advanced footwear industry," *E3S Web of Conferences*, vol. 450, p. 02009, 2023. doi: [10.1051/e3sconf/202345002009](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345002009)
- [5] A. Rahayuningtyas, D. Sagita, and N. D. Susanti, "Automation and monitoring system of drying parameters in cabinet dryer using Arduino (temperature and humidity)," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2674, no. 1, p. 030003, May 2023. doi: [10.1063/5.0114374](https://doi.org/10.1063/5.0114374)
- [6] Z. I. Awwal, A. Murtono, and S. Adhisuwignjo, "Implementasi Kontrol PID untuk Pengaturan Suhu dan Kelembaban pada Lemari Pengering Pakaian," *Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 9, pp. 16–26, Mar. 2024. doi: [10.3785/kohesi.v2i9.2509](https://doi.org/10.3785/kohesi.v2i9.2509)
- [7] M. R. Ramdan, T. Akbar, and H. M. Putra, "Sistem Monitoring Pengering Sepatu Otomatis Berbasis IoT," *Jurnal PRINTER: Jurnal Pengembangan Rekayasa Informatika dan Komputer*, vol. 1, no. 1, pp. 43–52, Sep. 2023.

- [8] O. A. Putra, H. Andrianof, and A. P. Gusman, "The Design Of The Dryer Shoes Automatic Based On Moisture Uses The Method PID," *JOURNAL OF DYNAMICS (International Journal of Dynamics in Engineering and Sciences)*, vol. 7, no. 2, pp. 140–145, Nov. 2022. doi: [10.22216/jod.v17i2.1738](https://doi.org/10.22216/jod.v17i2.1738)
- [9] T. A. Oktavia, "Rancang Bangun Alat Pengering Pakaian Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *Electrician*, vol. 16, no. 3, pp. 332–337, Sep. 2022. doi: [10.23960/elc.v16n3.2385](https://doi.org/10.23960/elc.v16n3.2385)
- [10] Y. Atif, K. Al-Falahi, T. Wangchuk, and B. Lindstrm, "A fuzzy logic approach to influence maximization in social networks," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 11, no. 6, pp. 2435–2451, Jun. 2020. doi: [10.1007/s12652-019-01286-2](https://doi.org/10.1007/s12652-019-01286-2)
- [11] A. S. Dinata, "Rancang Bangun Alat Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik*, vol. 2, no. 2, pp. 66–74, 2021.
- [12] I. S. Mangkunegara, A. S. S. Ariyanto, and D. N. Triwibowo, "Implementasi Arduino Iot Cloud: Potensiometer Sebagai Pengatur Intensitas Cahaya LED," *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics)*, vol. 7, no. 1, pp. 65–72, Jan. 2024. doi: [10.36085/jsai.v7i1.6083](https://doi.org/10.36085/jsai.v7i1.6083)
- [13] R. D. Ramanda, A. Sofwan, and M. Arfan, "Perancangan Aplikasi Antarmuka Smart Greenhouse Berbasis Internet of Things (Iot) pada Perangkat Bergerak Android," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 56–66, Mar. 2020. doi: [10.14710/transient.v9i1.56-66](https://doi.org/10.14710/transient.v9i1.56-66)
- [14] M. M. F. Fatori, "Aplikasi IoT Pada Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik," *Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer*, vol. 2, no. 02, pp. 350–356, Oct. 2022. doi: [10.47709/jpsk.v2i02.1746](https://doi.org/10.47709/jpsk.v2i02.1746)
- [15] M. Marbun and N. Harefa, "Implementasi Logika Fuzzy Mamdani Untuk Mengidentifikasi Tingkat Kecanduan Pelajar terhadap Game Online," *JOISIE (Journal Of Information Systems And Informatics Engineering)*, vol. 4, no. 2, pp. 128–138, Dec. 2020. doi: [10.35145/joisie.v4i2.848](https://doi.org/10.35145/joisie.v4i2.848)

[Halaman ini sengaja dikosongkan.]