

PENGEMBANGAN ALAT PENGERING SEPATU DENGAN MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY DAN INTERNET OF THINGS

M. Farrel Akbar Firzatullah¹, Muladi²

^{1,2}Program Studi Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Malang

Jln. Semarang No. 5 Malang 65145

¹farrelakbar423@gmail.com, ²muladi@um.ac.id

Abstract

Shoe consumption in Indonesia accounts for 3.2% of the world's total footwear consumption, indicating a large market potential for shoe care products. Commonly used curing methods are still limited to conventional drying with sunlight, which is ineffective during the rainy season or at night. This research proposes a solution by creating a shoe dryer using a heater and fan that increases the temperature to accelerate drying. This tool is controlled by ESP32 with input from a button and equipped with an LCD screen. The DHT22 sensor is used to detect humidity and temperature, while the heater and DC fan serve as actuators controlled by a fuzzy logic algorithm. The R&D method used in this research includes literature study, planning, material collection, manufacturing, testing, and result analysis. The result of this research is a prototype of a shoe dryer that is faster and safer than conventional methods.

Keywords : Dryer, Shoe, Fuzzy Logic, Internet of Things

Abstrak

Konsumsi sepatu di Indonesia mencapai 3,2% dari total konsumsi alas kaki dunia, menunjukkan potensi pasar besar untuk produk perawatan sepatu. Metode perawatan yang umum digunakan masih terbatas pada pengeringan konvensional dengan sinar matahari, yang membutuhkan waktu lebih lama saat musim hujan atau malam hari. Penelitian ini mengusulkan solusi dengan menciptakan alat pengering sepatu menggunakan pemanas dan kipas yang meningkatkan suhu untuk mempercepat pengeringan. Alat ini dikendalikan oleh ESP32 dengan masukan dari tombol dan dilengkapi layar LCD. Sensor DHT22 digunakan untuk mendeteksi kelembaban dan suhu, sementara pemanas dan kipas DC berfungsi sebagai aktuator yang dikontrol dengan algoritma fuzzy logic. Metode R&D digunakan dalam penelitian ini, meliputi studi literatur, perencanaan, pengumpulan bahan, pembuatan, pengujian, dan analisis hasil. Hasil penelitian ini adalah prototipe alat pengering sepatu yang dapat mengeringkan sepatu pada malam hari dan segala cuaca.

Kata kunci : Alat Pengering, Sepatu, Logika Fuzzy, Internet of Things

1. PENDAHULUAN

Sepatu merupakan jenis alas kaki yang terdiri dari bagian sol, telapak, penutup, dan tali. Fungsi utama sepatu adalah melindungi kaki dari berbagai kondisi lingkungan yang mungkin membahayakan, seperti tanah kasar, cuaca ekstrem, dan bahkan benda tajam[1]. Sepatu juga berkontribusi pada kenyamanan pengguna dengan memberikan dukungan ergonomis dan mengurangi dampak ketika berjalan[2].

Pemilihan jenis sepatu yang sesuai dengan aktivitas dan perawatan yang tepat menjadi hal yang krusial. Jenis-jenis sepatu seperti sepatu olahraga, sepatu formal, sepatu kasual, dan sepatu hiking memiliki karakteristik dan kebutuhan perawatan yang berbeda. Pemahaman terhadap perawatan sepatu yang tepat akan memastikan sepatu tetap awet, nyaman, dan sesuai dengan fungsi serta penampilannya. Permasalahannya adalah tidak semua orang mengetahui seperti apa perawatan

yang seharusnya dilakukan agar sepatunya tersebut tidak cepat rusak [3].

World Footwear Yearbook 2023 [4] mengungkapkan data tingkat konsumsi sepatu di Indonesia adalah sebesar 702 juta pasang Sepatu atau 3,2% dari total konsumsi produk alas kaki dunia. Banyaknya tingkat konsumsi sepatu membuka peluang yang sangat menjanjikan untuk membuat usaha perawatan sepatu[5]. Selama ini perawatan sepatu di Indonesia jika sepatu dalam kondisi basah masih dengan menggunakan cara konvensional yaitu dijemur dengan memanfaatkan panas matahari. Menurut [6] kendala yang dialami oleh perawatan sepatu adalah pengeringan menggunakan cahaya matahari langsung akan merusak lapisan kulit sepatu dan lem pada sol sepatu bisa tidak melekat lagi. Ketersediaan panas matahari yang tidak dapat diprediksi terlebih pada saat musim hujan menyebabkan proses pengeringan dengan panas matahari tidak dapat dikendalikan. Pengeringan sepatu yang dilakukan dengan suhu ruangan di Indonesia akan membutuhkan waktu berkisar antara 12-24 jam tergantung dari jenis sepatu [7]. Sepatu berbahan kulit akan lebih cepat kering dibandingkan dengan sepatu berbahan kain.

Pembuatan alat pengering sepatu dilakukan untuk mengatasi masalah yang terjadi saat proses pengeringan waktu musim penghujan atau di malam hari [8], [9]. Hasil dari penelitian tersebut adalah terciptanya sebuah *prototype* alat pengering sepatu yang mampu mengeringkan sepatu basah hanya dengan waktu 65 menit dengan suhu pengeringan mencapai 71 °C namun, suhu tersebut berpotensi untuk merusak sepatu. Dalam penelitian tersebut tidak dijelaskan sepatu dengan bahan material apa saja yang bisa dikeringkan menggunakan alat dari hasil penelitian. Penelitian ini dilakukan untuk melanjutkan penelitian tersebut dengan menambahkan kontrol suhu pada pengering sepatu berdasarkan bahan material sepatu yang ingin dikeringkan menggunakan metode *fuzzy logic* dan dapat dimonitor serta dikendalikan menggunakan Internet of Things (IoT) seperti metode yang dilakukan dalam penelitian Prabowo dan Putra[10] dan Murdianingsih,

dkk[9]. Hal ini bertujuan agar selama proses pengeringan suhu tetap terkontrol dalam rentang suhu yang aman untuk mengeringkan sepatu, dan juga meminimalisir adanya kerusakan sepatu selama proses pengeringan[11]. Pengoperasian mesin pengering dapat dilakukan secara jarak jauh melalui aplikasi web pada handphone Android yang terhubung ke wifi atau internet.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Pada bagian ini membahas mengenai metode penelitian yang digunakan untuk membuat prototipe alat pengering sepatu. Tahapan dalam melakukan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

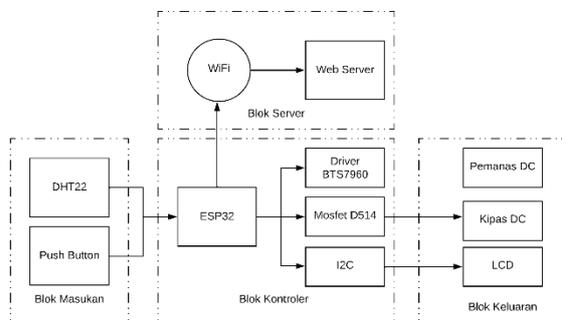
Tahap awal dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur. Studi ini melibatkan pembacaan dan pemahaman terhadap buku, artikel, jurnal, serta penelitian-penelitian terdahulu guna memperoleh pengetahuan yang mendukung kegiatan penelitian ini. Aspek-aspek

yang mendukung penelitian ini antara lain adalah:

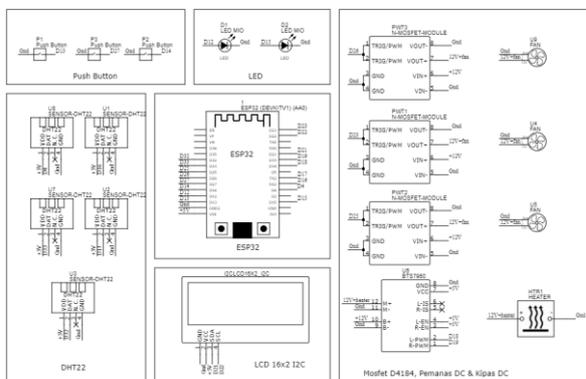
Hal-hal yang berkaitan dengan mesin pengering, karakteristik perawatan sepatu berdasarkan bahan materialnya, *fuzzy logic*, karakteristik sensor dan aktuator yang digunakan dalam penelitian.

2.2 Rancangan Perangkat Keras dan Lunak

Desain sistem yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada blok diagram Gambar 2 dan skema rangkaian pada Gambar 3.



Gambar 2. Blok Diagram



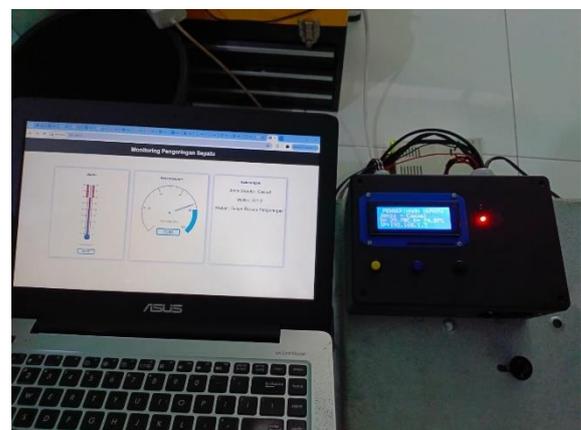
Gambar 3. Skema Rangkaian

Blok diagram dari alat pengering sepatu terdiri 4 bagian blok yaitu: (1) blok masukan, (2) blok kontroler, (3) blok keluaran, (4) blok server. Blok masukan terdiri dari sensor DHT22 dan *push button*. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban alat pengering dan sepatu pada saat proses pengeringan sepatu berlangsung. *Push button* digunakan untuk berinteraksi dengan alat pengering. Blok kontroler terdiri dari mikrokontroler ESP32 dan *driver* untuk pemanas dan kipas yaitu *driver*

BTS7960 dan modul MOSFET D514. ESP32 terhubung ke sensor DHT22, dari data yang diterima oleh sensor DHT22, ESP32 akan mengontrol aktuator pemanas DC dan kipas DC melalui driver BTS7960 dan modul MOSFET D4184. Blok keluaran terdiri dari LCD, pemanas DC dan kipas DC. LCD digunakan untuk menampilkan kondisi alat yang sedang digunakan. Pemanas berfungsi untuk memanaskan suhu udara dalam alat dan kipas DC berfungsi untuk menyebarkan panas yang telah dihasilkan oleh pemanas DC. Pada blok ini juga terdapat kipas DC yang difungsikan sebagai *exhaust fan*. *Exhaust fan* ini berfungsi untuk mengeluarkan kelembaban yang ada pada dalam alat pengering. Blok server terdiri dari web server yang dikontrol oleh ESP32, pada web server akan menampilkan parameter-parameter yang telah ditampilkan di LCD, hal ini digunakan agar pengguna dapat memonitoring proses pengeringan melalui web dengan terhubung pada *WiFi* tampilan web server ditunjukkan pada Gambar 4.

2.3 Perancangan Logika Fuzzy

Penelitian ini menggunakan logika *fuzzy* untuk mengatur suhu pada proses pengeringan sepatu. Perancangan ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu *fuzzifikasi* yang didalamnya terdapat pembentukan fungsi keanggotaan *error* suhu dan delta *error* suhu, mesin inferensi yang terdiri dari pembuatan aturan dasar dan model implikasi, serta *defuzzifikasi*.



Gambar 4. Tampilan Web Server

Perancangan *fuzzifikasi* dalam sistem *fuzzy* yang dirancang menggunakan 2 jenis

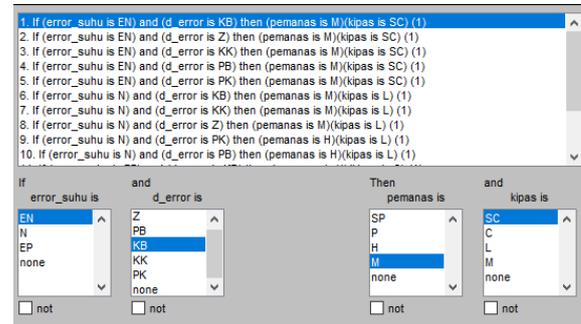
masukannya yaitu variabel *error* suhu dan *delta error* (*derror*) suhu. Variabel *error* didefinisikan sebagai selisih antara suhu terukur dengan nilai *set point*, sedangkan variabel *delta error* suhu didefinisikan sebagai selisih nilai *error* sekarang terhadap nilai *error* sebelumnya [12]. Sementara untuk variabel *output* berupa pemanas dan kipas.

Nilai *set point* variabel *input error* suhu ditentukan berdasarkan referensi suhu untuk mengeringkan sepatu berbahan *knit* dan *mesh*, yaitu 38°C, sehingga pada penelitian ini *set point* suhu ditetapkan sebesar 35°C, dimana batas minimal 32°C dan batas maksimal pada 38°C. Berdasarkan ketentuan ini, maka *error* batas bawah -3°C dan batas atas + 3°C yang telah dijabarkan pada Tabel 1. Adapun variabel *derror* merupakan representasi dari perubahan *error*. Semakin kecil rentang *derror* semakin sensitif terhadap respons keluaran, tapi terlalu sensitif juga memberikan efek keluaran berupa osilasi [13]. Agar sistem tidak terlalu sensitif, tapi masih cukup menjaga perubahan *error*, nilai rentang *derror* ditetapkan tidak terlalu kecil namun juga tidak terlalu besar. Nilai *derror* ditetapkan maksimal -1°C dan + 1 °C dengan tingkat resolusi 0,5°C seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Variabel *output* sistem fuzzy adalah sinyal PWM untuk mengoperasikan aktuator pemanas [14] dan kipas [15] dipresentasikan dengan empat himpunan keanggotaan *fuzzy*, yaitu Mati, Hangat, Panas, dan Sangat Panas untuk variabel pemanas dan empat himpunan keanggotaan *fuzzy*, yaitu Mati, Lambat, Cepat, dan Sangat Cepat untuk kipas. Pemilihan nilai tegangan keluaran pada pemanas dan kipas berdasarkan hasil dari pengamatan dan percobaan. Variasi tegangan keluaran yang didapatkan adalah sebesar 0, 150, 200 dan 225. Pembentukan fungsi keanggotaan variabel *output* pemanas dan kipas ditunjukkan pada Tabel 3 dan 4.

Inference terdiri dari sekumpulan aturan dasar (*base rule*) yang ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan yang dibuat [16]. Dasar aturan dinyatakan dalam bentuk "IF-THEN" yang merupakan bagian utama dari realisasi [8]. Pembentukan aturan dasar ditunjukkan

sebagian dalam *script* pada Gambar 5 dan secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 5.



Gambar 5. Inference Rule

Proses akhir sistem logika *fuzzy* adalah *defuzzifikasi*. Dalam *defuzzifikasi*, *output* hasil dari proses inferensi akan diubah menjadi bentuk *crisp output* dimana nilai *crisp* tersebut akan digunakan untuk mengontrol pemanas dan kipas [15], [17]. Dalam model inferensi Sugeno, metode *defuzzifikasi* yang digunakan untuk mendapat nilai akhir adalah metode rata-rata (*Average*) dengan persamaan sebagai berikut [9].

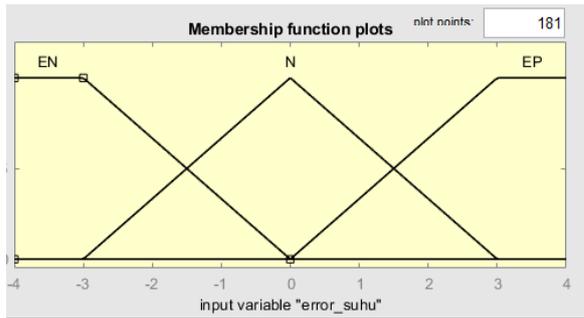
$$Z_1 = \sum \frac{a_1 z_1}{a_1} \quad (1)$$

TABEL I. FUNGSI KEANGGOTAN *ERROR* SUHU

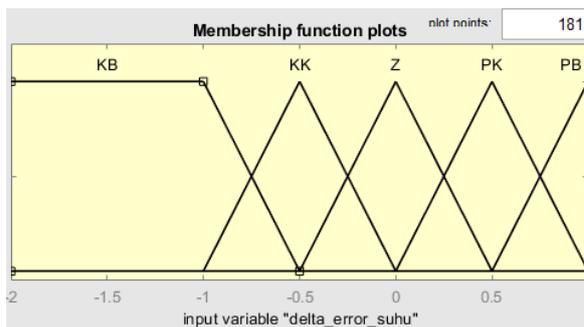
No.	Fungsi	Bentuk	Domain
1	<i>Error</i> Negatif	Linier	-4 – 0 °C
2	Nol	Segitiga	-3 – 3 °C
3	<i>Error</i> Positif	Linier	0 – 4 °C

TABEL II. FUNGSI KEANGGOTAN DELTA *ERROR* SUHU

No.	Fungsi	Bentuk	Domain
1	Kurang Besar	Linier Turun	-2 - -0.5°C
2	Kurang Kecil	Segitiga	-1 - 0 °C
3	Z	Segitiga	-0.5 - 0.5°C
4	Positif Kecil	Segitiga	0 - 1°C
5	Positif Besar	Linier Naik	0.5 - 1°C



Gambar 6. Fungsi Keanggotan Error Suhu



Gambar 7. Fungsi Keanggotan Delta Error Suhu

TABEL III FUNGSI KEANGGOTAN PEMANAS

No.	Fungsi	Bentuk	Domain
1	Mati	Single Tone	0 PWM
2	Hangat	Single Tone	150 PWM
3	Panas	Single Tone	200 PWM
4	Sangat Panas	Single Tone	225 PWM

TABEL IV FUNGSI KEANGGOTAN KIPAS

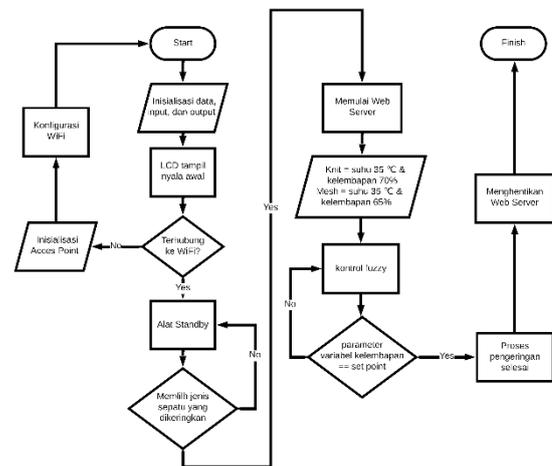
No.	Fungsi	Bentuk	Domain
1	Mati	Single Tone	0 PWM
2	Lambat	Single Tone	150 PWM
3	Cepat	Single Tone	200 PWM
4	Sangat Cepat	Single Tone	255 PWM

TABEL V. INFERENCE RULE

No.	Crips Input		Crips Output	
	Error Suhu	Delta Error Suhu	Pemanas	Kipas
1	EN	KB	M	SC
2	EN	KK	M	SC
3	EN	Z	M	SC
4	EN	PK	M	SC
5	N	PB	M	SC
6	N	KB	M	L
7	N	KK	M	L
8	N	Z	M	L
9	N	PK	H	L

10	N	PB	H	L
11	EP	PB	SP	SC
12	EP	KB	H	C
13	EP	KK	H	C
14	EP	Z	P	C
15	EP	PK	P	C

Keterangan notasi pada Tabel 5 adalah sebagai berikut EN (*Error Negatif*), N (*Nol*), EP (*Error Positif*), KB (*Kurang Besar*), KK (*Kurang Kecil*), Z (*Zero*), PK (*Positif Kecil*), PB (*Positif Besar*), M (*Mati*), H (*Hangat*), P (*Panas*), SP (*Sangat Panas*), L (*Lambat*), C (*Cepat*), dan SC (*Sangat Cepat*).



Gambar 8. Alur Sistem Alat Pengering

Alur sistem digambarkan pada Gambar 6. Prinsip kerja alat pengering sepatu yaitu ketika catu daya terpasang dan saklar *On* ditekan, alat akan aktif dan LCD menampilkan status nyala. Alat akan mencoba menghubungkan diri ke *WiFi*, jika gagal, alat akan mengeluarkan *access point* untuk konfigurasi SSID dan *password WiFi*. Setelah konfigurasi, alat akan restart dan terhubung kembali ke *WiFi*. Setelah berhasil, alat akan *standby* hingga pengguna memulai proses pengeringan melalui push button. Pengguna dapat memilih jenis sepatu, yaitu *knit* atau *mesh*. Selama pengeringan, pemanas dan kipas dikontrol berdasarkan *output fuzzy*. Kondisi suhu dan kelembaban ditampilkan pada LCD serta web server. Proses berhenti ketika

kelembaban mencapai set point 70% untuk sepatu *knit* dan 65% untuk sepatu *mesh*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini membahas mengenai hasil pengujian dan analisis data dari hasil pengujian. Sistem pengujian dibagi menjadi tiga yaitu pengujian perangkat keras (*hardware*), pengujian perangkat lunak (*software*) dan pengujian keseluruhan. Pengujian perangkat keras merupakan langkah untuk memastikan bahwa perangkat keras yang digunakan dapat bekerja sesuai harapan dan memenuhi kebutuhan penggunaan. Salah satu perangkat keras yang diuji adalah sensor DHT22. Pengujian sensor DHT22 bertujuan untuk mengetahui akurasi sensor yang sebenarnya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor DHT22 dengan *thermometer* digital HTC-2 untuk menemukan besar *error* nilai ukur dari sensor DHT22. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali dengan interval waktu 1 menit. Nilai hasil sensor yang diambil berupa data suhu dalam satuan *Celcius* dan kelembaban dalam satuan persentase yang dibaca oleh sensor DHT22. Hasil pembacaan sensor kemudian dibandingkan dengan *thermometer* digital HTC-2 sebagai alat ukur suhu dan kelembaban. Proses pengambilan data pada Gambar 9 menunjukkan hasil pengukuran melalui serial read ESP32 yang dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan *thermometer* digital. Terdapat selisih hasil pengukuran atau *error* dari keduanya yang ditunjukkan pada Tabel 6.



Gambar 9: Pengambilan Data Pengujian DHT22

TABEL VI NILAI *ERROR* PENGUJIAN SENSOR DHT22

No	% error suhu	% error kelembaban
1	0	3,975
2	0,352	4,761
3	1,418	5,476
4	1,067	5,421
5	1,413	3,2099
6	2,5	4,651
7	1,650	5,063
8	0,597	4,864
9	1,136	5,555
10	1,994	3
Rata-rata	1,102	4,180

Rata-rata *error* pembacaan antara sensor DHT22 dan termometer digital adalah sebesar 1,102% untuk suhu dan 4,180% untuk kelembaban. Hal ini kurang sesuai dengan *datasheet* alat yang menyatakan bahwa persentase *error* pengukuran dari alat ini untuk suhu adalah 0,50% sedangkan kelembaban adalah 2%. Hal tersebut disebabkan karena alat ukur pembanding DHT22 yang berbeda.

Pengujian perangkat lunak merupakan tahap dalam pengembangan sistem yang bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat lunak tersebut beroperasi sesuai yang diinginkan, bebas dari *bug*, dan memenuhi kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang telah ditetapkan. Tujuan utamanya adalah untuk mengidentifikasi dan memperbaiki kesalahan yang ditemukan dalam pengujian. Salah satu pengujian perangkat lunak yang dilakukan adalah pengujian sistem kontrol *fuzzy*. Pengujian sistem kontrol *fuzzy* adalah tahap pengujian yang bertujuan untuk menguji hasil luaran program *fuzzy* yang dirancang pada mikrokontroler ESP32 apakah sesuai

perancangan atau tidak, dan juga untuk menguji selisih *error* antara lauaran program *fuzzy* pada mikrokontroler dengan simulasi menggunakan aplikasi Matlab. Pengujian sistem *fuzzy* dilakukan dengan membandingkan nilai dari *software analysis* MATLAB dengan nilai *fuzzy* dari program yang dijalankan pada mikrokontroler ESP32 untuk mendapatkan selisih *error* diantara keduanya. Hasilnya ditunjukkan pada pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Dari hasil pengujian ini dapat diketahui bahwa sistem kontrol *fuzzy* yang telah dibuat telah sesuai dengan desain sistem kontrol *fuzzy* yang diharapkan, akan tetapi hal ini perlu diuji coba langsung dengan mengimplementasikan sistem kontrol ini pada alat untuk melihat efektifitasnya, dan setelah sistem kontrol *fuzzy* ini di implementasikan pada alat pengering, hasilnya akan dibandingkan dengan kontrol ON/OFF. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 10, dan Tabel 7.



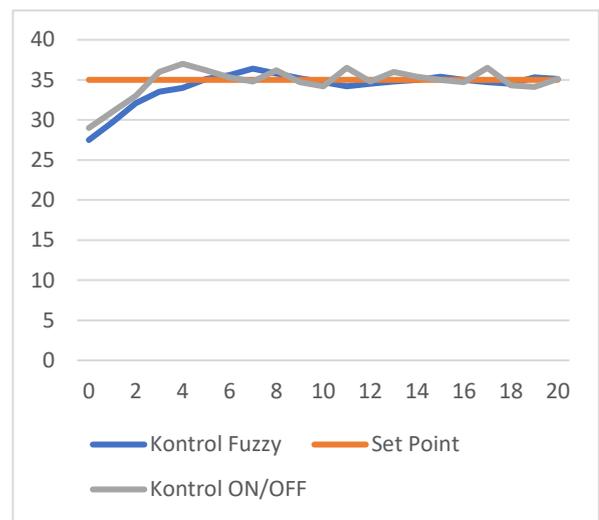
Gambar 10. Hasil Pengujian Kontrol Fuzzy

TABEL VII. PENGUJIAN FUZZY OUTPUT PEMANAS

Input Fuzzy		Output Matlab Pemanas	Output ESP32Pemanas
Error Suhu	Delta Error Suhu		
0	0	0	0
0	1	150	150
1	1	185	185
2	1	220	220
2	2	220	220
3	2	225	225
0.5	1	168	168
-1	0.5	100	100
-1	1	100	100
-2	-2	0	0

TABEL VIII. PENGUJIAN FUZZY OUTPUT KIPAS

Input Fuzzy		Output Matlab Kipas	Output ESP32 Kipas
Error Suhu	Delta Error Suhu		
0	0	150	150
0	1	150	150
1	1	185	185
2	1	220	220
2	2	220	220
3	2	225	225
0.5	1	168	168
-1	0.5	185	185
-1	1	185	185
-2	-2	220	220



Gambar 11. Perbandingan Sistem Kontrol

Data hasil implementasi pada Gambar 11 menunjukkan bahwa sistem kontrol *fuzzy* mampu secara efektif mempertahankan suhu pada *set point* yang ditetapkan sebesar 35°C dibandingkan dengan kontrol ON/OFF, hal ini dibuktikan dengan nilai *error* rata-rata terhadap set point untuk kontrol *fuzzy* adalah 0,426% dan untuk kontrol ON/OFF adalah 0,821%.

Pengujian perangkat lunak yang dilakukan selanjutnya adalah pengujian web server. Tujuannya adalah untuk memverifikasi apakah hasil dari program web server sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Pengujian ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa data parameter yang ditampilkan pada LCD konsisten dengan yang ditampilkan melalui web server. Pada pengujian web server dilakukan dengan cara klien (web server) mengirimkan request paket dengan metode HTTP *GET* pada server untuk membuka koneksi, kemudian server akan memberikan respon berupa data yang dikirim

oleh server sesuai dengan format yang telah ditentukan. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Gambar 12 dan Tabel 9.



Gambar 12. Hasil Pengujian Web Server

TABEL IX PENGUJIAN WEB SERVER

Data dari Server			Data Pada Web Server		
Suhu °C	Kelembapan n %	Jenis	Suhu °C	Kelembapan n %	Jenis
29.70	75.84	knit	29.70	75.84	knit
30.10	74.55	knit	30.10	74.55	knit
30.80	73.27	knit	30.80	73.27	knit
31.50	72.00	knit	31.50	72.00	knit
33.90	70.10	knit	33.90	70.10	knit
28.80	70.77	mes h	28.80	70.77	mes h
29.70	69.85	mes h	29.70	69.85	mes h
31.50	69.48	mes h	31.50	69.48	mes h
33.70	68.78	mes h	33.70	68.78	mes h
34.40	68.18	mes h	34.40	68.18	mes h

Hasil pengujian menunjukkan bahwa server berhasil dalam mengirimkan data suhu, kelembaban, dan jenis sepatu dari alat pengering sepatu (ESP32) ke klien (web server) menggunakan protokol HTTP GET, selain itu, data yang ditampilkan pada web server juga konsisten dengan data yang terdapat pada alat pengering sepatu, menunjukkan bahwa proses

pengiriman data dari ESP32 ke web server berjalan dengan baik tanpa adanya perbedaan atau kesalahan dalam pengambilan dan penampilan data.

Menguji alat secara keseluruhan merupakan langkah selanjutnya setelah melakukan pengujian terhadap *hardware* dan *software* yang telah dirancang. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat pengering yang telah dirancang berfungsi dengan baik dalam mengeringkan sepatu. Pengujian dilakukan dengan memasukkan sepatu yang dalam keadaan lembap ke dalam alat, menyalakan alat dan memilih jenis sepatu sesuai dengan jenis sepatu yang akan dikeringkan melalui antarmuka pengguna, dan mengamati kinerja alat selama proses pengeringan. Hasil pengujian alat secara keseluruhan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pengujian pengeringan terhadap sepatu jenis berbahan *knit* dan sepatu jenis berbahan *mesh*. Hasil pengeringan akan dicatat dari awal pengering hingga selesai pengeringan dengan interval 5 menit untuk pengambilan datanya. Tabel 10 adalah tabel hasil pengujian pengeringan pada sepatu berbahan knit.



Gambar 13. Pengujian Pengeringan Sepatu Jenis Knit

TABEL X. HASIL PENGERINGAN SEPATU JENIS KNIT

Menit	Suhu °C	Kelembaban %
0	29.20	87.50
5	34.50	83.80
10	35.00	84.80
15	34.80	85.10
20	34.40	85.10
25	34.20	84.80

30	34.80	84.60
35	34.50	84.45
40	34.40	84.10
45	34.70	84.05
50	35.00	84.55
55	34.40	84.45
60	84.30	84.45
65	84.10	82.60
70	34.70	83.00
75	34.80	83.10
80	34.30	81.85
85	34.90	81.40
90	34.60	80.20
95	34.40	79.15
100	34.40	77.20
105	34.10	75.10
110	35.00	74.25
115	34.50	73.25
120	34.30	72.15
125	34.40	71.10
130	35.00	70.20
135	34.70	69.95

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa proses pengeringan menggunakan alat pengering memakan waktu selama 135 menit atau 2 jam 15 menit, dengan kelembaban awal sepatu sebelum dikeringkan adalah 87.50% dan sepatu kering pada kelembaban 69.95%. Selama proses pengeringan suhu rata-rata setelah mencapai set point adalah 34 °C, hal ini berbeda jika dibandingkan pada pengujian sistem kontrol *fuzzy* yang telah dilakukan, dikarenakan saat pengambilan data ada rentang waktu untuk pengambilan datanya. Yaitu 5 menit sekali, hal ini menyebabkan sering kali saat data diambil suhu telah turun pada kisaran 34 °C dari 35 °C . Akan tetapi, hal ini tidak terlalu mempengaruhi proses pengeringan. Tabel 11 adalah tabel hasil pengujian pengeringan pada sepatu berbahan *mesh*.



Gambar 14. Pengujian Pengeringan Sepatu Jenis Mesh

TABEL XI HASIL PENGERINGAN SEPATU JENIS MESH

Menit	Suhu °C	Kelembaban %
0	28.10	90.20
5	34.40	80.87
10	34.70	84.20
15	34.50	84.70
20	34.10	85.15
25	34.90	85.20
30	34.10	84.70
35	34.00	83.70
40	34.10	82.62
45	34.60	83.69
50	35.10	83.90
55	34.50	83.40
60	34.80	83.62
65	34.50	82.87
70	34.40	83.50
75	34.70	83.12
80	35.00	82.50
85	34.40	82.45
90	84.30	81.35
95	84.10	81.60
100	34.70	81.20
105	34.80	80.90
110	34.30	81.10
115	34.90	80.60
120	34.60	80.20
125	34.40	80.40
130	35.60	80.10
135	35.20	79.80
140	34.50	79.20
145	34.00	79.00
150	34.20	77.50
155	35.40	75.10
160	34.00	72.90
165	34.60	69.87
170	35.3	68.50
175	34.2	68.10
180	33.90	67.20
185	34.00	67.80
190	34.60	66.40
195	34.80	66.10
200	34.30	65.50
205	33.70	64.80

Dari data pada tabel tersebut waktu pengeringan untuk sepatu adalah 215 menit atau 3 jam 35 menit, hal ini berbeda dengan waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan sepatu berbahan knit. Kelembaban awal sepatu berbahan mesh sebelum dikeringkan adalah 90.20 % dengan kelembaban pada saat sepatu kering adalah 64.80 % dan suhu rata-rata proses pengeringan adalah 34 °C. Langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil pengeringan kedua sepatu dengan pengeringan

konvensional, yaitu dengan membasahi sepatu dengan cara yang sama kemudian dikeringkan dengan diletakan pada suhu ruangan. Hasil yang didapat dalam pengeringan konvensional adalah 7 jam 36 menit atau 456 menit untuk sepatu knit dan 11 jam 18 menit atau 670 menit untuk sepatu mesh. Untuk menemukan berapa persen lebih cepat pengeringan menggunakan alat pengering dibandingkan dengan cara konvensional, digunakan rumus persentase perbedaan sebagai berikut.

$$\% \text{ Persentase perbedaan} = \frac{\text{Waktu Alat Pengering}}{\text{Waktu Konvensional}} \times 100\%$$

Setelah dilakukan perhitungan untuk sepatu knit dan mesh ditemukan persentase perbedaan 70.39% untuk sepatu knit dan 67.91% untuk sepatu mesh. Dari hasil kedua pengujian tersebut maka disimpulkan bahwa alat pengering sepatu yang telah dirancang ini dapat mempercepat proses pengeringan sepatu sebesar 70.39% untuk sepatu jenis knit dan 67.91% untuk jenis sepatu mesh.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, alat pengering sepatu telah berhasil dirancang menggunakan metode *fuzzy logic* dengan komponen utama seperti ESP32, sensor DHT22, LCD I2C 20x4, push button, mosfet D514, driver BTS7960, kipas DC, dan pemanas DC. Sistem kontrol *fuzzy* metode Sugeno digunakan untuk menjaga suhu stabil sesuai setpoint selama proses pengeringan. Pengujian alat dilakukan pada sepatu berbahan knit dan mesh, menunjukkan bahwa alat ini mempercepat proses pengeringan sebesar 70.39% untuk sepatu *knit* dan 67.91% untuk sepatu *mesh* dibandingkan dengan pengeringan konvensional pada suhu ruangan. Hal ini membuktikan bahwa mesin pengering sepatu mampu mengeringkan sepatu dalam waktu yang lebih singkat.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Universitas Negeri Malang melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat telah mendanai penelitian ini dengan Hibah Kompetisi Dana Internal UM Tahun 2024 yang dituangkan

dalam kontrak penelitian No. 4.4.300/UN32.14.1/LT/2024.

Daftar Pustaka:

- [1] A. I. Nasution and T. N. Utami, 'Hubungan Lama Pemakaian Sepatu Boot Dengan Keluhan Tinea Pedis Pemungut Sampah Di Tempat Pembuangan Sampah Perumnas Mandala', in *Prosiding Nasional FORIKES 2022: Pembangunan Kesehatan Multidisiplin*, 2022, pp. 70–73.
- [2] R. Maulanasari and E. Prihastono, 'Desain Mesin Pengering Sepatu Semi Otomatis Berdasarkan Prinsip Ergonomi (Studi Kasus Pada UMKM Cleanvast Cuci Sepatu Semarang)', in *Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu*, 2021, pp. 628–634. Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: https://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/sendu_u/article/view/8662
- [3] H. A. Hudaya and T. Suryana, 'Development Of Dirtness Level Detection Application And Typess Of Treatment Recommendation For Shoe Laundry', 2018. Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <http://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/478>
- [4] World Footwear Yearbook, 'Yearbook: The World Footwear Yearbook 2023', World Footwear Yearbook.
- [5] S. Fitria Hidarini, M. Danny, A. Muhidin, U. Pelita Bangsa Bekasi, and P. Korespondensi Diajukan, 'Sistem Informasi Pelayanan Jasa Laundry Sepatu Benga Cleaning Shoes Store berbasis Web', *Remik: Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, vol. 8, no. 1, 2024, doi: 10.33395/remik.v8i1.13310.
- [6] J. Nugraha and A. Wibasuri, 'Strategi Pengembangan Bisnis Jasa Cuci Perbaikan Sepatu Soc.Clean Lampung', in *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat 2023*, 2023, pp. 12–19.

- [7] R. Rahmadwati, A. Brillian, and R. Purwanto, 'Pengendalian Temperatur Pada Proses Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Rotary Dryer Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno', *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, 2015.
- [8] H. Hidayatullah, I. Imaduddin, and A. Muhtadi, 'Prototype Alat Pengering Sepatu Menggunakan Sensor DHT 22 Berbasis Internet Of Things (IoT)', *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 3, p. 166, Oct. 2022, doi: 10.22441/jte.2022.v13i3.007.
- [9] Y. Murdianingsih and L. Aprianti, 'Sistem Monitoring Pengering Sepatu Berbasis Internet Of Things Pada Platform Node-Red', *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi STMIK Subang*, vol. 14, no. 1, 2021.
- [10] Y. Agung Prabowo, L. Eko Utomo Mandala Putra, J. Teknik Elektro, and I. A. Teknologi Adhi Tama Surabaya Jln Hakim, 'Perancangan Hour Meter Berbasis Internet Of Things Menggunakan Logika Fuzzy', 2022. [Online]. Available: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire> eISSN.2620-6900
- [11] N. Lestari and N. Khairani Daulay, 'Simulasi Monitoring Pengatur Kecepatan Kipas Angin Menggunakan Sistem Fuzzy Berbasis Web', *Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika*, vol. 3, no. 1, pp. 66–76, 2020, [Online]. Available: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire> eISSN.2620-6900
- [12] A. Ullah, O. B. Kharisma, and I. Santoso, 'Fuzzy Logic Implementation to Control Temperature and Humidity in a Bread Proofing Machine 1', *Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining (IJAIMD)*, vol. 1, no. 2, pp. 66–74, 2018, Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/IJAIMD/article/view/5664>
- [13] A. Ullah, O. B. Kharisma, and I. Santoso, 'Fuzzy Logic Implementation to Control Temperature and Humidity in a Bread Proofing Machine', *Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining (IJAIMD)*, vol. 1, no. 2, pp. 66–74, 2018, Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/IJAIMD/article/view/5664/3456>
- [14] A. Hilmi, D. Aming, K. Wijayanto, J. T. Elektro, N. Bandung, and J. Gegerkalong Hilir, 'Sistem Kontrol Suhu Ruangan dengan Metode Fuzzy Logic Cotroller Berbasis Mikrokontroler dan IoT', in *Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan) Politeknik Sukabum*, 2021, pp. 160–167. Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: <https://semnastera.polteksmi.ac.id/index.php/semnastera/article/view/228/115>
- [15] A. Septian Dwisaputra, F. Yumono, and D. Efytra Yuliana, 'Kontrol Kecepatan Motor Dc Menggunakan Fuzzy Logic Controller Pada Ayunan Bayi', *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, vol. 2, no. 01, pp. 1–14, Apr. 2021, doi: 10.31328/jasee.v2i01.62.
- [16] A. Burhanuddin, 'Analisis Komparatif Inferensi Fuzzy Tsukamoto, mamdani dan Sugeno Terhadap Produktivitas Padi di Indonesia', *LEDGER: Journal Informatic and Information Technology*, vol. 2, no. 1, 2023.
- [17] K. D. Yulianto, A. Maududie, and N. El Maidah, 'Implementasi Metode Fuzzy Sebagai Sistem Kontrol Kepekatan Nutrisi Otomatis Tanaman Hidroponik Berbasis Mikrokontroler Pasa Rangkaian Nutrient Film Technique (NFT)', *Informatics Journal*, vol. 7, no. 1, 2022, Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/sju/ujm/article/view/12455/9752>