

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

By M. Farrel Akbar Firzatullah M. Farrel Akbar Firzatullah

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

M. Farrel Akbar Firzatullah

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 tidak efektif 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 lebih cepat dan aman dibandingkan metode konvensional.

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

5 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 larut 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 normal ruangan, akan membuat sepatu mengering dengan waktu yang lama [7].

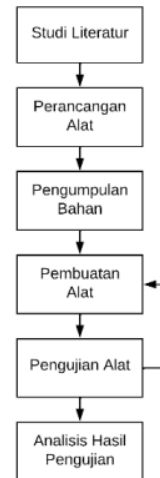
Menurut [8], [9] pembuatan alat pengering sepatu dilakukan untuk mengatasi masalah yang terjadi saat proses pengeringan waktu musim penghujan dan di malam hari. Hasil dari penelitian tersebut adalah terciptanya sebuah *prototype* alat pengering sepatu yang mampu mengeringkan sepatu basah hanya dengan 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.

15

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.



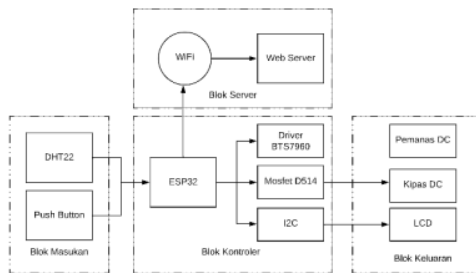
Gambar 1: Tahapan Penelitian

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.

11



Gambar 2: Blok Diagram

Blok diagram dari alat pengering sepatu terdiri 3 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 aktuatur 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 dijadikan *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 3.

2.3 Perancangan Logika Fuzzy

Penelitian ini menggunakan logika fuzzy untuk mengatur suhu pada proses pengeringan sepatu. Perancangan ini terdiri

dari beberapa tahapan yaitu *fuzzyfikasi* yang didalamnya terdapat pembentukan fungsi keanggotaan *error* suhu dan delta *error* suhu, mesin inferensi yang terdiri dari pembuatan aturan dasar dan model implikasi, serta *defuzzyfikasi*.



Gambar 3: Tampilan Web Server

Perancangan *fuzzifikasi* dalam sistem fuzzy yang dirancang menggunakan 2 jenis masukan 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. 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 ketetapan 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 [12]. 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* yang dari sistem fuzzy ini merupakan sinyal PWM untuk mengoperasikan aktuatur pemanas dan kipas. dipresentasikan dengan 4 himpunan

keanggotaan *fuzzy*, yaitu Mati, Hangat, Panas, dan Sangat Panas untuk variabel pemanas dan 4 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 keaggotaan 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. Dasar aturan dinyatakan dalam bentuk "*IF-THEN*" yang merupakan bagian utama dari realisasi [8]. Pembentukan aturan dasar ditunjukkan pada Tabel 5.

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. Dalam model inferensi sugeno, metode *defuzzifikasi* yang digunakan untuk mendapat nilai akhir adalah metode rata-rata (*Average*) dengan persamaan sebagai berikut [9].

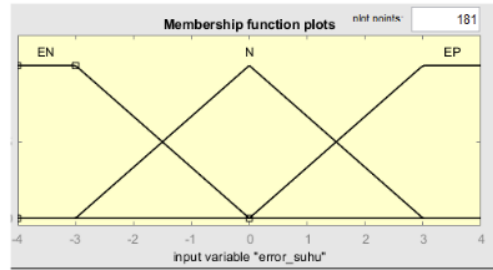
$$Z_1 = \sum \frac{a_1 z_1}{a_1} \quad (1)$$

Tabel 1: Fungsi Keanggotaan Error Suhu

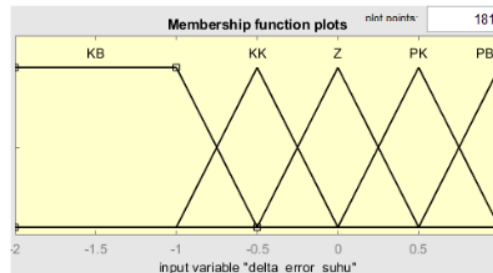
No.	Fungsi	Bentuk	Domain
1	Error Negatif	Linier	-4 - 0
2	Nol	Segitiga	-3 - 3
3	Error Positif	Linier	0 - 4

Tabel 2: Fungsi Keanggotaan Delta Error Suhu

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



Gambar 4: Fungsi Keanggotaan Error Suhu



Gambar 5: Fungsi Keanggotaan Delta Error Suhu

Tabel 3: Fungsi Keanggotaan 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 4: Fungsi Keanggotaan 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 5: 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*)

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

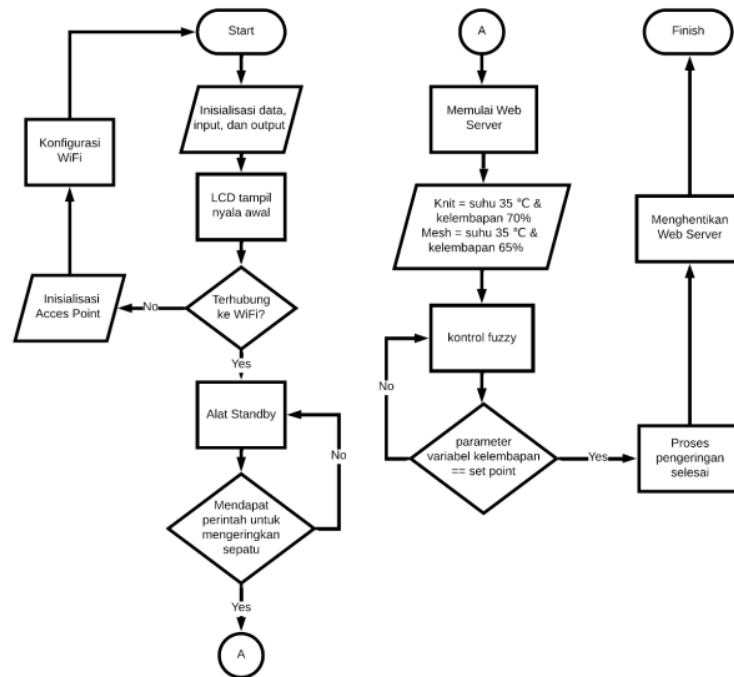
Pada bagian ini membahas mengenai hasil pengujian dan analisis data dari hasil pengujian. Sistem pengujian dibagi menjadi tiga yaitu pengujian perangkat keras (*hardware*), pengujian perangkat lunak (*software*) dan pengujian keseluruhan. Pengujian perangkat keras merupakan langkah untuk memastikan bahwa 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. Persentase *error* pembacaan sensor DHT22 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6: 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 persentase *error* pembacaan suhu dan kelembaban dari sensor DHT22 adalah sebesar 1,102% untuk nilai pembacaan suhu dan 4,180% untuk nilai pembacaan 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.



Gambar 6: Flowchart Sistem

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 luaran program *fuzzy* pada mikrokontroler dengan simulasi menggunakan aplikasi Matlab. Pengujian sistem *fuzzy* dilakukan dengan membandingkan nilai dari *software* analisis 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.

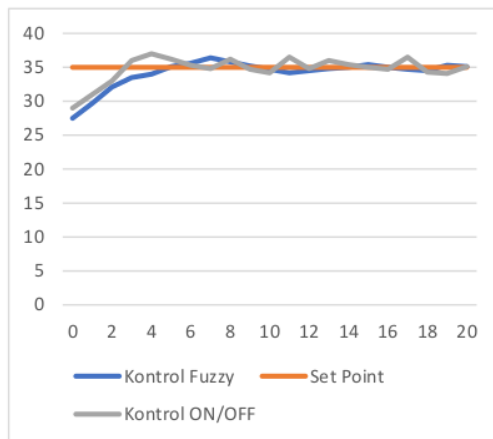
Dari hasil pengujian ini dapat diketahui bahwa sistem kontrol *fuzzy* yang telah dibuat telah sesuai dengan desain sistem kontrol *fuzzy* yang diharapkan, akan tetapi hal ini perlu di uji coba langsung dengan mengimplementasikan sistem kontrol ini langsung pada alat untuk melihat efektifitasnya, dan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

Tabel 7: 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 8: 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 7: Perbandingan Sistem Kontrol

Data hasil implementasi pada Gambar 7 menunjukkan bahwa sistem kontrol *fuzzy* mampu secara efektif mempertahankan suhu pada *set point* yang ditetapkan sebesar 35 $^{\circ}$ 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 Tabel 9.

Tabel 9: Pengujian Web Server

Data dari Server			Data Pada Web Server		
Suhu °C	Kelembapan %	Jenis	Suhu °C	Kelembapan %	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	mesin	28.80	70.77	mesin
29.70	69.85	mesin	29.70	69.85	mesin
31.50	69.48	mesin	31.50	69.48	mesin
33.70	68.78	mesin	33.70	68.78	mesin
34.40	68.18	mesin	34.40	68.18	mesin

Hasil pengujian menunjukkan bahwa server berhasil dalam mengirimkan data suhu, kelembapan, 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.

Tabel 10: 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*.

Tabel 11: 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.

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

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, membuktikan efektivitas dan efisiensi alat pengering sepatu ini.

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.

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

ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	media.neliti.com Internet	111 words — 3%
2	fv.um.ac.id Internet	85 words — 2%
3	Ayu Kusuma Dewi, Dyah Lestari, Muhammad Afnan Habibi. "Desain dan Analisis PID Controller Menggunakan Metode Genetic Algorithm pada Boost Converter Tipe CCM", Emitter: Jurnal Teknik Elektro, 2024 Crossref	38 words — 1%
4	repository.dinamika.ac.id Internet	37 words — 1%
5	Muhammad Reski Ramadhan. "Rancang Bangun Box Pengering Sepatu Berbasis Mikrokontroler", Electrician : Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, 2023 Crossref	27 words — 1%
6	vnexplorer.net Internet	23 words — 1%
7	www.surveymarchive.org Internet	18 words — < 1%

8	www.readkong.com Internet	16 words — < 1%
9	prosiding.unimus.ac.id Internet	15 words — < 1%
10	jurnal-amik.sigma.ac.id Internet	13 words — < 1%
11	research-report.umm.ac.id Internet	13 words — < 1%
12	Informatika Mulawarman, Priyo Sutopo, Dedy Cahyadi, Zainal Arifin. "SISTEM INFORMASI EKSEKUTIF SEBARAN PENJUALAN KENDARAAN BERMOTOR RODA 2 DI KALIMANTAN TIMUR BERBASIS WEB", INA-Rxiv, 2017 Publications	11 words — < 1%
13	etd.repository.ugm.ac.id Internet	11 words — < 1%
14	www.mnz.gov.si Internet	10 words — < 1%
15	doku.pub Internet	9 words — < 1%
16	eprints.upnyk.ac.id Internet	8 words — < 1%
17	eprints.uty.ac.id Internet	8 words — < 1%
18	repository.ub.ac.id Internet	8 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF

EXCLUDE SOURCES OFF
EXCLUDE MATCHES OFF