

RANCANG BANGUN ALAT CERDAS PENCUCI DAN PENGERING SEPATU OTOMATIS DENGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY SUGENO

Ciksadan¹⁾, Shinta Damayanti²⁾, Irma Salamah^{*3)}

1. Jurusan Teknik Elektro, Program Studi DIV Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia
2. Jurusan Teknik Elektro, Program Studi DIV Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia
3. Jurusan Teknik Elektro, Program Studi DIV Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: Fuzzy Sugeno; Sensor Suhu DS18B20; Sepatu

Keywords: Sugeno Fuzzy; DS18B20 Temperature Sensor; Shoes

Article history:

Received 24 Oktober 2024

Revised 19 November 2024

Accepted 28 Desember 2024

Available online 15 March 2025

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jupi.v10i2.6237>

* Corresponding author.

Corresponding Author

E-mail address:

Irma.salamah@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat untuk mencuci dan mengeringkan sepatu secara otomatis tanpa memerlukan tenaga manusia. sebuah solusi praktis untuk menjaga kebersihan dan perawatan sepatu, terutama bagi pemilik jasa laundry yang sering menghadapi masalah cuaca yang tidak menentu. Proses pengeringan dilakukan menggunakan sensor DS18B20 yang berfungsi untuk mengukur tingkat kekeringan sepatu, memastikan sepatu kering sempurna sebelum digunakan. Alat ini terdiri dari berbagai komponen penting seperti sensor suhu DS18B20, rangkaian power supply, relay, motor driver, ubec dan Arduino Mega yang bekerja bersama untuk memastikan fungsi pencucian dan pengeringan berjalan dengan baik dan efisien. Metode Fuzzy Sugeno digunakan untuk mengatur sistem otomatisasi alat ini, memungkinkan penyesuaian yang lebih akurat dan responsif terhadap kondisi aktual sepatu. Inovasi ini tidak hanya membantu dalam menjaga kebersihan sepatu tetapi juga memberikan kenyamanan dan efisiensi bagi pengguna. Alat ini diharapkan dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh kondisi cuaca yang tidak menentu, yang seringkali menghambat proses mencuci dan mengeringkan sepatu secara manual. Dengan menggunakan teknologi ini, diharapkan dapat memberikan manfaat signifikan bagi masyarakat dalam kehidupan sehari-hari.

ABSTRACT

The purpose of this research is to design a tool to wash and dry shoes automatically without the need for human labour. a practical solution for maintaining the cleanliness and care of shoes, especially for laundry service owners who often face uncertain weather problems. The drying process is carried out using a DS18B20 sensor that functions to measure the level of dryness of the shoes, ensuring that the shoes are perfectly dry before use. This tool consists of various important components such as DS18B20 temperature sensor, power supply circuit, relay, motor driver, ubec and Arduino Mega which work together to ensure the washing and drying functions run properly and efficiently. The Fuzzy Sugeno method is used to regulate the automation system of this tool, allowing for more accurate and responsive adjustments to the actual condition of the shoes. This innovation not only helps in keeping shoes clean but also provides convenience and efficiency for users. This tool is expected to be an effective solution to overcome the challenges posed by unpredictable weather conditions, which often hamper the process of washing and drying shoes manually. By using this technology, it is expected to provide significant benefits to people in their daily lives.

I. PENDAHULUAN

i zaman modern ini, masyarakat semakin sadar akan pentingnya kebersihan dan perawatan terhadap barang-barang pribadi, termasuk sepatu. Sepatu adalah salah satu jenis alas kaki yang berguna untuk melindungi kaki dari Dgesekan, benturan, kotoran, dan juga benda jatuh[1]. Sepatu yang sering digunakan semakin lama akan lembab karena keringat. Saat keringat bercampur dengan kuman dan bakteri, ini akan menyebabkan bau[2]. 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 memudahkan warna bahkan merusak material dari sepatu[3]. Sepatu yang bersih dan terawat tidak hanya

meningkatkan nilai estetika, tetapi juga meningkatkan kesehatan pemakainya. Pencucian dan pengeringan sepatu secara manual memiliki banyak keterbatasan, termasuk risiko kerusakan pada bahan sepatu, ketidakmampuan mencapai hasil yang konsisten, dan kebutuhan akan waktu serta tenaga yang signifikan.

Pada saat ini sudah banyak jasa pencucian Sepatu, namun untuk Alat yang menggunakan teknologi canggih seperti Fuzzy Sugeno tentu saja akan memiliki keunggulan kompetitif di pasar, memberikan nilai tambah dibandingkan alat yang hanya menggunakan mekanisme sederhana karena pada penelitian ini metode fuzzy sugeno digunakan dalam membaca hasil pengeringan Sepatu, fuzzy sugeno menentukan kering atau belum Sepatu didalam ember pengering. Dengan waktu dan suhu yang telah ditentukan peneliti, jika fuzzy menyatakan waktu lama dan suhu tinggi maka Sepatu dinyatakan kering, hal ini dapat dibuktikan dengan data percobaan yang telah dilakukan. Metode Fuzzy Sugeno, yang merupakan bagian dari *fuzzy logic*, terkenal karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan memberikan keputusan yang lebih halus dan realistis. Penerapan aturan logika fuzzy dapat menghasilkan keberhasilan hingga 80% atau mencapai kinerja yang baik dalam mengendalikan sistem karena tingkat akurasi [4]. *Fuzzy logic* berguna untuk menentukan logika yang lebih manusiawi, tidak hanya iya atau tidak, benar atau salah, tetapi bisa diantaranya [5]. Teknologi Fuzzy Sugeno telah diterapkan dalam berbagai bidang untuk mengatasi keterbatasan metode konvensional, terutama dalam sistem kontrol otomatis..

Penerapan *fuzzy logic* (sugeno) dalam sistem pengeringan sepatu membawa peningkatan kinerja yang signifikan. Pada penelitian ini, sistem dapat mengetahui seberapa kering keadaan Sepatu dengan cara dibaca oleh sensor DS18B20, jika suhu tinggi dan waktu didalam ember pengeringan telah lama, maka Sepatu dinyatakan kering oleh fuzzy. *Fuzzy logic* juga memungkinkan sistem untuk menangani ketidakpastian dari data yang diambil oleh alat ukur konvensional, sehingga dapat memberikan keputusan yang lebih akurat. Pengujian sistem dilakukan dengan menetapkan kriteria spesifik, seperti waktu pengeringan, dan tingkat kelembapan akhir. Data uji dikumpulkan melalui eksperimen dengan berbagai waktu serta suhu yang diukur dalam ember pengeringan. Pengujian ini menilai keakuratan dan efisiensi sistem, serta membandingkannya dengan metode konvensional. Potensi kesalahan selama proses fuzzifikasi dan defuzzifikasi dapat timbul dari pemilihan parameter yang kurang tepat atau perubahan kondisi lingkungan yang tidak terduga. Kesalahan ini dapat mempengaruhi hasil akhir, namun dapat diminimalkan melalui penyesuaian parameter dan kalibrasi sensor secara berkala.

Fuzzy Sugeno dapat mengatasi masalah ini dengan menggunakan sistem aturan berbasis logika fuzzy yang memungkinkan penyesuaian otomatis berdasarkan kondisi aktual sepatu dan lingkungan. Sebagai contoh, dalam studi yang dilakukan oleh Li et al. (2018), penerapan Fuzzy Sugeno dalam sistem pengeringan industri menunjukkan peningkatan efisiensi energi sebesar 15% dan peningkatan kualitas produk akhir. Studi lain oleh Wang dan Chen (2017) menunjukkan bahwa penggunaan Fuzzy Sugeno dalam sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) mampu mengurangi konsumsi energi hingga 20% tanpa mengorbankan kenyamanan pengguna.

Pada penelitian [6] setelah dilakukan beberapa kali uji coba, diketahui bahwa hasil yang didapat dari fuzzy logic yaitu sepatu kulit kering dalam waktu ± 20 menit dan suhu stabil di $\pm 35^{\circ}\text{C}$. Hal ini menjadi acuan peneliti bahwa menggunakan *fuzzy logic* memiliki keakuratan dengan kondisi asli.

Dalam konteks alat pencuci dan pengering sepatu, kebutuhan pengguna sangat jelas. Pengguna, terutama pemilik jasa laundry, sering menghadapi masalah cuaca yang tidak menentu yang dapat menghambat proses pengeringan sepatu. Dengan teknologi Fuzzy Sugeno, alat ini dapat menyesuaikan suhu dan waktu pengeringan secara dinamis untuk memastikan sepatu kering sempurna, menghemat waktu dan tenaga, serta meningkatkan efisiensi operasional.

Pada Penelitian [7], [8], [9], [10] dan [6], fokus utama diberikan secara eksklusif pada pengembangan dan evaluasi alat pengeringan sepatu. Penelitian-penelitian tersebut secara khusus mengkaji berbagai aspek teknis dan kinerja alat pengeringan, seperti efisiensi, metode pengeringan, dan dampak terhadap material sepatu. Namun, penelitian-penelitian ini tidak mencakup atau mempertimbangkan proses pencucian sepatu. Karena itu, penulis ingin mengembangkan penelitian tersebut lebih lanjut dengan menambahkan inovasi dalam proses pencucian sepatu secara otomatis.

Terdapat beberapa kesenjangan yang belum terselesaikan pada penelitian suhu yang kurang stabil seperti beberapa penelitian oleh [11], [12]. Perbedaan penelitian ini adalah metode yang digunakan, yaitu *fuzzy logic controller* yang keluaran *fuzzy*-nya

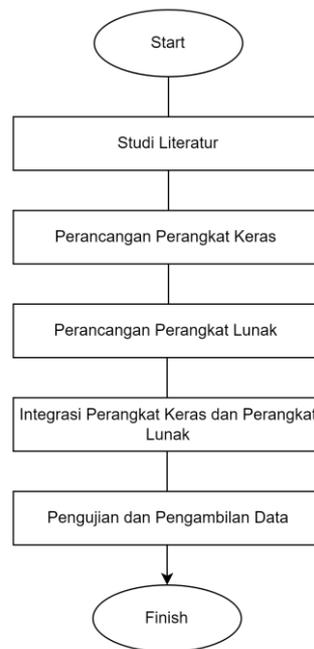
Penelitian ini melengkapi dan memperluas pengetahuan yang ada dalam bidang teknologi otomasi dan pencucian sepatu.

Misalnya, penelitian oleh Renaldi et al. (2024) menggunakan Fuzzy Logic Controller dalam pengeringan sepatu berbasis IoT, yang sejalan dengan penelitian ini dalam hal penerapan teknologi canggih untuk meningkatkan efisiensi pengeringan. Penulis bertujuan untuk merancang bangun alat pencuci dan pengering sepatu otomatis dengan menggunakan metode Fuzzy Sugeno yang menawarkan solusi yang menarik dan bermanfaat bagi masyarakat luas.

II. METODE PENELITIAN

A. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan. Bentuk keseluruhan pada tahapan penelitian ini akan menghasilkan suatu sistem yang dapat bekerja dengan baik. Pada gambar 1 menunjukkan kerangka keseluruhan penelitian ini.



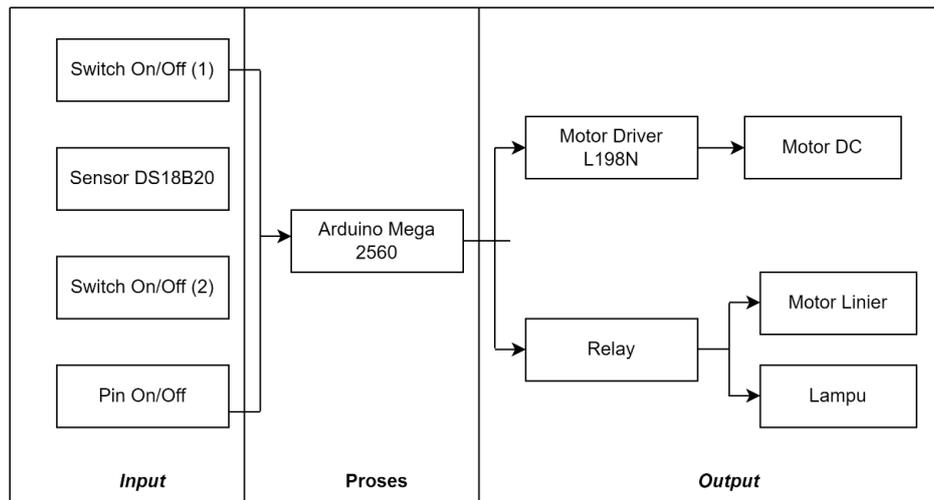
Gambar 1. Kerangka Penelitian

Adapun berikut penjelasan dari gambar 1 :

1. Start / Mulai.
2. Studi literatur merupakan tahapan peneliti dalam mengambil beberapa data yang berasal dari berbagai sumber seperti buku, skripsi, thesis, jurnal dan internet sebagai acuan referensi dalam penulisan ini.
3. Perancangan perangkat keras (hardware), tahapan ini akan digambarkan dalam bentuk blok diagram yang mendukung pembuatan alat
4. Perancangan perangkat lunak (software), tahapan ini penulis menggunakan software Arduino IDE untuk menghubungkan alat dengan model fuzzy sugeno. Pada metode fuzzy sugeno pengujian sistem dilakukan dengan menetapkan kriteria spesifik, seperti waktu pengeringan, dan suhu untuk Sepatu kering, dan konsumsi energi. Data uji dikumpulkan melalui eksperimen dengan berbagai suhu dengan waktu yang telah dibaca dengan metode fuzzy sugeno. Pengujian ini menilai keakuratan dan efisiensi sistem, serta membandingkannya dengan metode konvensional.
5. Pada bagian Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, penulis akan mengintegrasikan antara alat yang telah dibuat dengan software dan model fuzzy yang telah dikembangkan
6. Pengujian dan pengambilan data, pada tahap ini akan dilakukan pengujian alat yang dapat memcuci serta mengeringkan Sepatu secara baik serta pengambilan data uji untuk menilai tingkat keakurasian yang didapat.
7. Finish/Selesai

B. Perancangan Perangkat

Perancangan Perangkat pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras merupakan perancangan perangkat yang akan dibuat, komponen yang digunakan harus diperhatikan untuk menghindari terjadinya kerusakan saat pengujian sistem. Komponen tersebut seharusnya memiliki karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan pembuatan alat. Perancangan perangkat keras diawali dengan blok diagram pada gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Perangkat Keras

Blok diagram ini menunjukkan bagaimana berbagai komponen berinteraksi dalam sistem yang dikendalikan oleh Arduino Mega 2560. Saklar dan sensor memberikan input, Arduino mengolah data tersebut, dan kemudian mengontrol motor dan perangkat lain melalui motor driver dan relay untuk menghasilkan output yang diinginkan.:

1. Limit Switch
Berfungsi sebagai saklar untuk batas sistem pada motor linier naik dan turun. Sinyal dari saklar ini dikirim ke Arduino Mega 2560. Penerapan atau penggunaan limit switch yaitu sebagai sensor posisi untuk suatu benda atau objek yang bergerak [13].
2. Sensor suhu DS18B20
Digunakan untuk mendeteksi suhu didalam ruangan pengering [14]. Data suhu yang diukur oleh sensor ini dikirim ke Arduino Mega 2560
3. Pin On/Off
Berfungsi sebagai saklar untuk menghidupkan atau mematikan sistem secara manual.
4. Arduino Mega 2560
Pusat kontrol dari keseluruhan sistem. Arduino menerima input dari saklar, sensor, dan pin, kemudian mengolah data tersebut untuk mengendalikan motor driver, relay, dan perangkat lain yang terhubung. Sumber DC pada Arduino dapat menggerakkan elektronik secara langsung, meskipun beberapa cara mungkin diperlukan untuk mengatur dan memelihara gaya penggerak listrik pada papan Arduino [15].
5. Modul driver
Modul yang digunakan untuk mengendalikan motor DC. Sinyal kontrol dari Arduino dikirim ke motor driver ini untuk mengatur kecepatan dan arah gerakan motor DC. Driver motor ini mampu menangani tegangan dari +5 volt hingga +35 volt dengan arus maksimal 2 amp [16]
6. Motor Linier
Motor yang menghasilkan gerakan linier (naik atau turun). Motor linier ini diaktifkan melalui relay yang dikendalikan oleh Arduino.
7. Motor DC adalah motor listrik yang digunakan untuk menghasilkan gerakan mekanis. Motor ini dikendalikan oleh motor driver L298N berdasarkan perintah dari Arduino. Motor DC menggunakan prinsip kerja arus searah yaitu membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet [17].

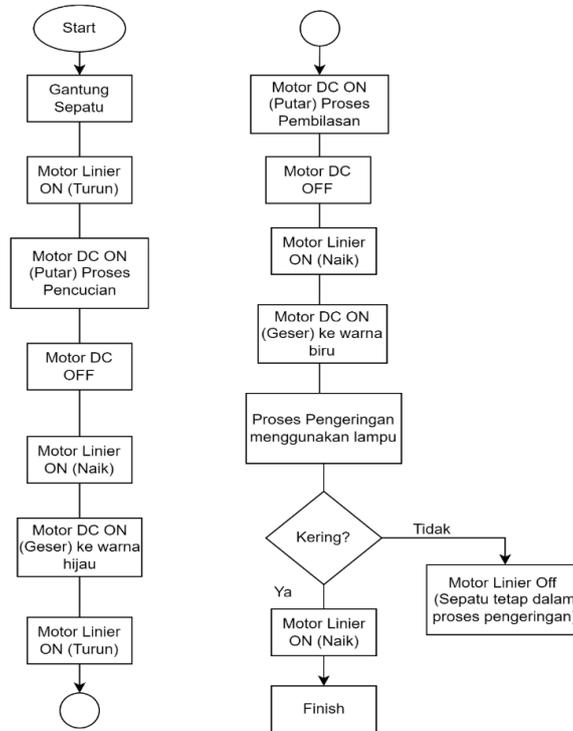
Alur Kerja Sistem :

1. Input
Sistem menerima input dari switch on/off, sensor suhu DS18B20, dan pin On/Off.
2. Pemrosesan
Arduino Mega 2560 mengolah semua sinyal input yang diterima. Berdasarkan data dan kondisi yang telah diprogram, Arduino akan memutuskan tindakan yang harus diambil.
3. Kontrol Motor dan Perangkat Lain
 - Sinyal kontrol dari Arduino dikirim ke motor driver L298N untuk mengendalikan motor DC.
 - Sinyal juga dikirim ke relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan motor linier dan lampu.

4. Output

- Motor DC akan bergerak sesuai dengan perintah dari motor driver.
- Motor linier akan bergerak naik atau turun berdasarkan kontrol dari relay.
- Lampu akan menyala atau mati sesuai dengan sinyal dari relay.

C. Prinsip Kerja sistem



Gambar 3. Flowchart diagram alir prinsip kerja sistem

Diagram alir (*flowchart*) adalah suatu jenis diagram yang mempresentasikan algoritma ke dalam bentuk blok blok unik yang berisi langkah langkah dan instruksi secara berurutan [18].

Pada gambar 3 kinerja alat dibagi menjadi 3 proses, yaitu Pencucian Sepatu, Pembilasan Sepatu, serta Pengeringan Sepatu.

1. Start, dimulai dari Sepatu yang dijepit diatas ember pencuci Sepatu yang dimana telah diisi air sabun, kemudian Sepatu diturunkan dengan menggunakan motor linier maka Sepatu masuk kedalam ember pencuci lalu ember diputar dengan menggunakan motor DC yang Dimana telah diatur waktu untuk pencucian, lalu motor berhenti otomatis dan sepatu akan naik dengan otomatis menggunakan motor linier.
2. Kemudian Motor DC ON bergeser sampai ke warna hijau, Pada proses pembilasan Sepatu, Sepatu diturunkan dengan menggunakan motor linier ke ember pembilasan yang telah diisi air bersih yang dimana telah diatur waktu untuk pembilasan Sepatu, lalu motor berhenti otomatis dan sepatu akan naik dengan otomatis menggunakan motor linier.
3. Selanjutnya Motor DC ON bergeser sampai ke warna biru. Pada proses pengeringan Sepatu, Sepatu akan digeser dan diturunkan dengan menggunakan motor linier ke dalam ember pengeringan Sepatu. Pada proses pengeringan menggunakan lampu, akan diukur suhu berapa lama Sepatu didalam ember, kemudian sudah masuk berapa lama, terdapat algoritma menggunakan metode fuzzy sugeno yang dapat menentukan Sepatu sudah siap diangkat atau belum, jika dari fuzzy menentukan Sepatu sudah boleh diangkat maka Sepatu diangkat menggunakan motor linier sehingga Sepatu sudah bersih dan kering dan dapat dilepaskan dari penjepit, jika belum dinyatakan kering maka motor linier off dan Sepatu tetap didalam ember pengering.

D. Kriteria dan Metode Pengujian

Metode Pengujian: Pengujian dilakukan dengan mengukur suhu dan waktu pengeringan sepatu menggunakan sensor DS18B20. Data ini kemudian digunakan untuk menilai kondisi sepatu (basah atau kering) melalui metode Fuzzy Sugeno.

Kriteria Pengujian:

1. Waktu Pengeringan: Diperiksa pada interval waktu yang berbeda (15-40 menit).
2. Suhu Pengeringan: Diperiksa pada rentang suhu yang berbeda (0-40°C).

Pengumpulan Data: Data uji dikumpulkan melalui eksperimen dengan berbagai kombinasi suhu dan waktu pengeringan. Setiap kondisi diuji beberapa kali untuk memastikan konsistensi dan keakuratan hasil.

Penilaian Keakuratan dan Efisiensi: Hasil dari sistem dibandingkan dengan kondisi aktual sepatu setelah pengeringan. Tingkat akurasi ditentukan dengan membandingkan hasil keputusan fuzzy dengan kondisi nyata sepatu.

E. Kinerja Sistem dengan Metode Fuzzy Logic (Sugeno)

Penerapan *fuzzy logic* (sugeno) dalam sistem pengeringan sepatu membawa peningkatan kinerja yang signifikan. Pada penelitian ini, sistem dapat mengetahui seberapa kering keadaan Sepatu dengan cara dibaca oleh sensor DS18B20, jika suhu tinggi dan waktu didalam ember pengeringan telah lama, maka Sepatu dinyatakan kering oleh fuzzy. *Fuzzy logic* juga memungkinkan sistem untuk menangani ketidakpastian dari data yang diambil oleh alat ukur konvensional, sehingga dapat memberikan keputusan yang lebih akurat.

Keuntungan Spesifik:

1. Penanganan Ketidakpastian: Fuzzy Sugeno mampu mengatasi ketidakpastian data dari sensor, menghasilkan keputusan yang lebih halus dan akurat.
2. Responsif dan Adaptif: Sistem dapat menyesuaikan kondisi pengeringan berdasarkan input aktual, meningkatkan efisiensi energi dan waktu.
3. Kombinasi Linear: Output dalam bentuk fungsi linear atau konstanta memudahkan integrasi dan penerapan dalam sistem otomatis.

Keuntungan Dibandingkan Metode Lain:

Metode konvensional seperti kontrol PID sering kali kurang efektif dalam menangani variasi dan ketidakpastian lingkungan. Fuzzy Sugeno memberikan fleksibilitas yang lebih besar dan mampu menghasilkan keputusan yang lebih tepat dalam berbagai kondisi.

Potensi Kesalahan dan Ketidakakuratan

Kesalahan Fuzzifikasi:

1. Pemilihan Parameter: Kesalahan dalam pemilihan nilai keanggotaan suhu dan waktu dapat menyebabkan hasil yang tidak akurat.
2. Ketidakpastian Data: Fluktuasi data sensor dapat mempengaruhi keputusan fuzzy.

Kesalahan Defuzzifikasi:

1. Perhitungan Weighted Average: Kesalahan dalam perhitungan WA dapat menghasilkan output yang tidak tepat.
2. Kondisi Lingkungan: Perubahan kondisi lingkungan yang tidak terduga dapat mempengaruhi hasil akhir.

Dampak Kesalahan: Kesalahan ini dapat menyebabkan sepatu dianggap basah atau kering secara tidak akurat, mengurangi efisiensi sistem.

Penyesuaian untuk Meningkatkan Akurasi:

1. Kalibrasi Sensor: Melakukan kalibrasi sensor secara berkala.
2. Penyesuaian Parameter: Menyesuaikan parameter fuzzy berdasarkan kondisi pengujian yang lebih mendetail.
3. Pemantauan Lingkungan: Menambahkan sensor tambahan untuk memantau kondisi lingkungan.

Parameter dan Fungsi Fuzzy

Parameter Fuzzy:

1. Suhu: Rendah (0-24°C), Sedang (21-30°C), Tinggi (27-34°C).
2. Waktu: Sebentar (15-20 menit), Sedang (15-30 menit), Lama (25-40 menit).

Fungsi Keanggotaan:

1. Fungsi keanggotaan suhu dan waktu ditetapkan berdasarkan eksperimen awal dan studi literatur.
2. Grafik keanggotaan menunjukkan derajat keanggotaan untuk setiap kategori input.

Pemilihan dan Penetapan Nilai:

1. Nilai ditentukan melalui pengujian berulang untuk menemukan titik optimal.
2. Fungsi keanggotaan dipilih untuk mencerminkan kondisi nyata dan variasi input.

Pengaruh terhadap Keputusan Akhir:

1. Parameter dan fungsi fuzzy menentukan seberapa basah atau kering sepatu pada berbagai kondisi suhu dan waktu.
2. Implementasi yang tepat dari fungsi keanggotaan memastikan sistem memberikan hasil yang akurat dan efisien.

- Penentuan Definisi Variabel Fuzzy

Pada penerapan metode *fuzzy logic*, hal yang pertama harus dilakukan yaitu menentukan variabel fuzzy yang terdiri dari input dan output. Dalam menentukan variabel input dapat dilakukan dengan cara variabel yang mewakili data atau informasi yang masuk kedalam sistem yang selanjutnya akan diproses. Pada penelitian ini, variabel yang berperan dalam memberi nilai input adalah sensor yang terdiri dari:
 Sensor DS18B20 : Memonitor suhu pada tempat pengeringan Sepatu

- Fuzzifikasi

TABEL I
 TINGKAT NILAI INPUT SUHU

Nilai Suhu (°)	Status
0° - 24 °	Rendah
21° - 30°	Sedang
27° - 34°	Tinggi

TABEL II
 TINGKAT NILAI INPUT WAKTU

Waktu (Min)	Status
15-20 min	Sebentar
15-30 min	Sedang
25-40 min	Lama

- Aturan Fuzzy

Pada tahapan ini dibuat rules atau aturan fuzzy dari parameter nilai input yang telah ditentukan pada proses fuzzifikasi. Aturan ini menghubungkan variabel input dan output dengan aturan if-then. Selain itu, tahapan ini dilakukan proses pengaplikasian aturan-aturan fuzzy atau evaluasi aturan sebelum mengubah nilai fuzzy menjadi nilai *crisp*. Dalam proses ini dilakukan penentuan derajat keanggotaan nilai *output* yang dihasilkan dari nilai *input* yang telah ditentukan oleh peneliti.

TABEL III
 ATURAN FUZZY

Rule		Suhu		Waktu		Keputusan
[R1]	If	Rendah	And	Sebentar	Then	Basah
[R2]	If	Sedang	And	Sebentar	Then	Basah
[R3]	If	Dingin	And	Sebentar	Then	Basah
[R4]	If	Rendah	And	Sedang	Then	Basah
[R5]	If	Sedang	And	Sedang	Then	Basah
[R6]	If	Dingin	And	Sedang	Then	Kering
[R7]	If	Rendah	And	Lama	Then	Basah
[R8]	If	Sedang	And	Lama	Then	Kering
[R9]	If	Tinggi	And	Lama	Then	Kering

Dapat dilihat pada tabel III, Aturan fuzzy dibuat berdasarkan kombinasi dari kategori-kategori fuzzifikasi. Contoh aturan yang digunakan dalam sistem adalah:

Jika Suhu Rendah dan Waktu Sebentar, maka Sepatu Basah.

Jika Suhu Tinggi dan Waktu Lama, maka Sepatu Kering.

- Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses

di mana setiap angka *fuzzy* yang sudah di proses sebelumnya dikumpulkan menjadi satu, diubah menjadi angka *crisp*[18]. Proses ini menghasilkan nilai Output yang diubah menjadi bentuk fungsi linear atau konstanta. Tahapan ini merupakan tahap terakhir dalam penerapan metode Fuzzy logic. Kebalikan dari proses fuzzifikasi disebut defuzzifikasi [19]. Langkah defuzzifikasi dalam metode perhitungan Sugeno menggunakan Weighted Average (WA) [20].

$$WA = \frac{\sum(\alpha_i \times Z_i)}{\sum \alpha_i}$$

Di mana α_i adalah derajat keanggotaan dari aturan fuzzy dan Z_i adalah nilai output tegas.

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

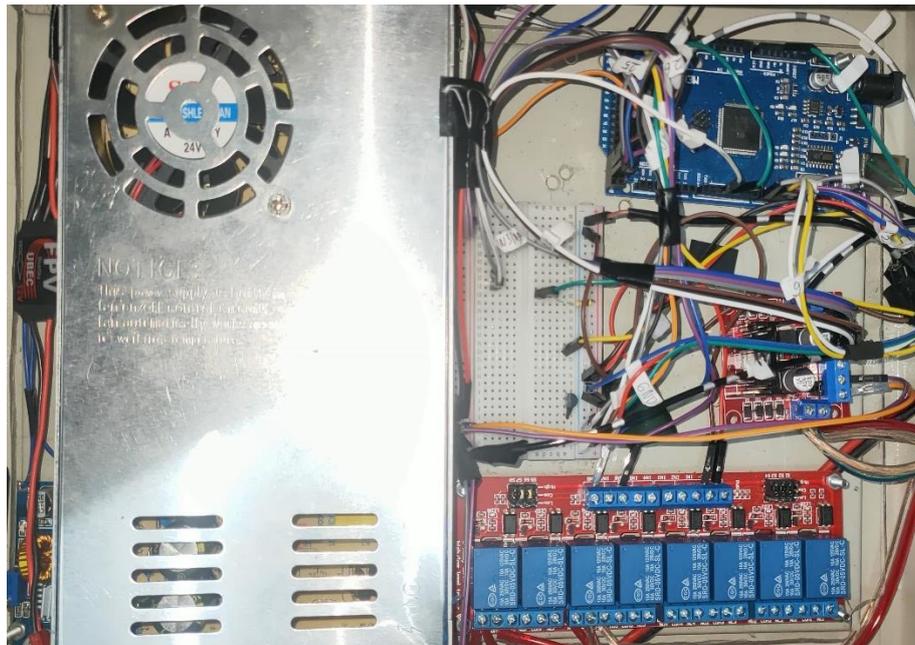
A. Hasil Perancangan Sistem

Dalam proses perancangan sistem pencucian dan pengeringan sepatu yang dilakukan pada penelitian ini, diperoleh hasil perancangan perangkat keras (*hardware*) dan hasil metode *fuzzy logic* sugeno.



Gambar 4. Hasil Rancangan Perangkat Keras

Hasil dari perancangan perangkat keras dapat dilihat pada gambar 4. terdapat 3 buah ember didalam box alat yang telah ditandai dengan kertas warna dan akan dibaca oleh sensor warna. Pada kertas berwarna merah merupakan ember tempat pencucian Sepatu, pada kertas berwarna hijau merupakan ember tempat pembilasan Sepatu, pada kertas berwarna biru merupakan ember tempat pengeringan Sepatu yang mana telah diletakkan 2 buah lampu 60 watt untuk mengeringkan Sepatu dan terdapat sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu tempat pengeringan Sepatu dengan metode Fuzzy Sugeno, jika pada fuzzy telah menyatakan Sepatu kering maka motor linier akan naik, jika fuzzy belum menyatakan kering maka Sepatu tetap didalam ember pengeringan.



Gambar 5. Kotak Rangkaian

Hasil dari perancangan rangkaian dapat dilihat pada gambar 5. terdapat rangkaian input dari limit switch, sensor DS18B20, Pin *on/off* yang diproses pada Arduino Mega, rangkaian motor DC ke Motor L198N, Lampu dan motor linier ke Relay, lalu terdapat rangkaian power supply untuk stepdown lalu ke ubec 12v kemudian ke ubec 5v.

B. Data Hasil Percobaan Pengeringan Sepatu

TABEL IV
 DATA HASIL PERCOBAAN

No	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Keputusan
1	30	20	Basah
2	33	27	Kering
3	25	15	Basah
4	37	35	Kering
5	29	30	Basah
6	32	25	Basah
7	36	40	Kering
8	28	18	Basah
9	34	32	Kering
10	31	28	Kering

Pada Tabel IV Data uji dikumpulkan melalui eksperimen dengan berbagai waktu serta suhu yang dibaca oleh sensor DS18B20 dalam ember pengeringan. Pengujian ini selanjutnya akan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat ukur konvensional.

Pola Suhu dan Waktu:

- Sepatu cenderung kering pada suhu di atas 33°C dan waktu lebih dari 27 menit (contoh: No. 2, 4, 7, 9, 10).
- Sepatu tetap basah pada suhu di bawah 30°C atau waktu kurang dari 25 menit (contoh: No. 1, 3, 5, 6, 8).

Anomali:

- No. 10 menunjukkan sepatu kering pada suhu 31°C dalam 28 menit, yang tidak konsisten dengan pola lainnya. Ini mungkin disebabkan oleh kondisi lingkungan atau kalibrasi sensor yang tidak tepat.

Sistem Fuzzy Sugeno bekerja dengan baik dalam menentukan kondisi kering atau basah berdasarkan suhu dan waktu, mendukung efektivitas sistem secara keseluruhan.

Tingkat akurasi tinggi menunjukkan keandalan sistem, meskipun ada beberapa anomali yang perlu diperbaiki melalui penyesuaian parameter dan kalibrasi sensor.

C. Implementasi Metode Fuzzy Logic Sugeno

- Fuzzifikasi

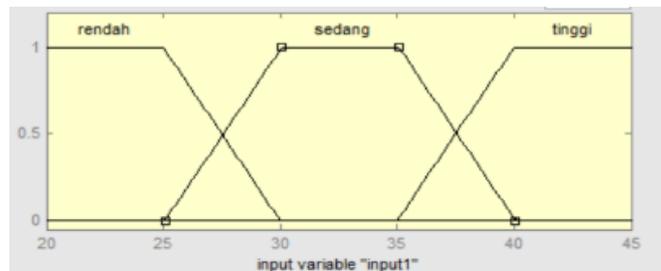
Fuzzifikasi adalah proses mengubah nilai input yang tegas (crisp) menjadi nilai fuzzy. Dalam penelitian ini, dua variable input utama digunakan: suhu dan waktu. Kedua variabel ini dibagi menjadi tiga kategori:

Suhu: Rendah, Sedang, Tinggi

Waktu: Sebentar, Sedang, Lama

Berikut ini adalah perhitungan dari nilai keanggotaan pada parameter-parameter tersebut.

a. Variabel Suhu



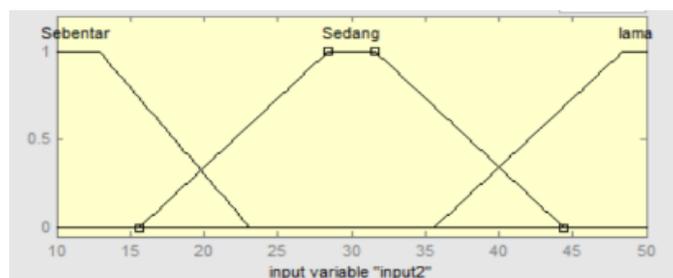
Gambar 6. Grafik Nilai Keanggotaan Suhu

$$\mu(\text{rendah}) = \begin{cases} 1 & x \leq 25 \\ \frac{x-35}{32-35} & 25 < x \leq 32 \\ 0 & x > 32 \end{cases}$$

$$\mu(\text{sedang}) = \begin{cases} 0 & x \leq 25 \\ \frac{x-32}{35-32} & 25 < x \leq 32 \\ 1 & 32 < x \leq 35 \\ \frac{40-x}{38-40} & 35 < x \leq 38 \\ 0 & x > 38 \end{cases}$$

$$\mu(\text{tinggi}) = \begin{cases} 0 & x \leq 35 \\ \frac{x-38}{40-38} & 35 < x \leq 38 \\ 1 & x > 38 \end{cases}$$

b. Variabel Waktu



Gambar 7. Grafik Nilai Keanggotaan Waktu

$$\mu(\text{Sebentar}) = \begin{cases} 1 & x \leq 15 \\ \frac{x-20}{15-20} & 15 < x \leq 20 \\ 0 & x > 20 \end{cases}$$

$$\mu(\text{sedang}) = \begin{cases} 0 & x \leq 15 \\ \frac{x-20}{20-15} & 15 < x \leq 20 \\ 1 & 20 < x \leq 25 \\ \frac{x-30}{25-30} & x > 25 \end{cases}$$

$$\mu (\text{Lama}) = \begin{cases} 0 & x \leq 25 \\ \frac{x-30}{30-28} & 25 < x \leq 30 \\ 1 & x > 30 \end{cases}$$

- Aturan Fuzzy

Pada tahapan ini dibuat rules atau aturan fuzzy dari parameter nilai input yang telah ditentukan pada proses fuzzifikasi. Aturan ini menghubungkan variabel input dan output dengan aturan if-then.

Selain itu, tahapan ini dilakukan proses pengaplikasian aturan-aturan fuzzy atau evaluasi aturan sebelum mengubah nilai fuzzy menjadi nilai *crisp*. Dalam proses ini dilakukan penentuan derajat keanggotaan nilai *output* yang dihasilkan dari nilai *input* yang telah ditentukan oleh peneliti. Aturan fuzzy dibuat berdasarkan kombinasi dari kategori-kategori fuzzifikasi. Contoh aturan yang digunakan dalam sistem adalah:

Jika Suhu Rendah dan Waktu Sebentar, maka Sepatu Basah.

Jika Suhu Tinggi dan Waktu Lama, maka Sepatu Kering.

TABEL V
 ATURAN FUZZY

Rule		Suhu (°C)		Waktu (Menit)		Keputusan
[R1]	If	30	And	20	Then	Basah
[R2]	If	37	And	35	Then	Kering

Tabel V menggambarkan aturan-aturan fuzzy yang digunakan dalam sebuah sistem untuk menentukan kondisi sepatu berdasarkan dua variabel masukan: suhu (dalam derajat Celsius) dan waktu (dalam menit). Berikut penjelasan rinci dari tabel tersebut:

Aturan Fuzzy dalam Tabel V

Rule (Aturan) R1:

- Suhu: 30°C
- Waktu: 20 menit
- Keputusan: Basah

Aturan ini berarti jika suhu di sekitar sepatu adalah 30°C dan sepatu tersebut terkena kondisi ini selama 20 menit, maka kondisi sepatu diprediksi akan **basah**.

Rule (Aturan) R2:

- Suhu: 37°C
- Waktu: 35 menit
- Keputusan: Kering

Aturan ini berarti jika suhu di sekitar sepatu adalah 37°C dan sepatu tersebut terkena kondisi ini selama 35 menit, maka kondisi sepatu diprediksi akan **kering**.

- Interpretasi dan Penggunaan

Aturan-aturan fuzzy ini memungkinkan sistem untuk melakukan prediksi kondisi sepatu berdasarkan kombinasi dari suhu dan waktu. Dalam konteks sistem fuzzy, aturan-aturan tersebut bekerja sebagai berikut:

1. Input Fuzzifikasi:

Sistem mengukur suhu dan waktu dari lingkungan sepatu.

Mengonversi nilai-nilai numerik (suhu dan waktu) menjadi kategori fuzzy seperti "Rendah", "Sedang", "Tinggi" untuk suhu dan "Sebentar", "Sedang", "Lama" untuk waktu.

2. Aplikasi Aturan:

Sistem menerapkan aturan fuzzy yang telah ditentukan, seperti yang ditunjukkan dalam tabel.

Misalnya, jika suhu terukur adalah 30°C dan waktu terukur adalah 20 menit, sistem akan mengaktifkan R1 yang mengatakan sepatu akan basah.

3. Output Defuzzifikasi:

Sistem mengonversi hasil fuzzy kembali ke keputusan yang dapat diinterpretasikan, seperti kondisi sepatu yang basah atau kering.

Contoh Penggunaan

Jika sistem mendeteksi bahwa suhu adalah 30°C dan waktu adalah 20 menit, maka sistem akan menggunakan aturan R1 dan memprediksi bahwa sepatu tersebut akan basah. Sebaliknya, jika suhu adalah 37°C dan waktu adalah 35 menit, maka sistem akan menggunakan aturan R2 dan memprediksi bahwa sepatu tersebut akan kering. Aturan fuzzy seperti ini sangat berguna dalam sistem yang harus mengambil keputusan berdasarkan data yang tidak pasti atau bervariasi.

- Penegasan (Defuzzifikasi)

Proses ini mengubah nilai fuzzy kembali menjadi nilai tegas untuk menghasilkan keputusan akhir. Metode Sugeno menggunakan fungsi linear atau konstanta sebagai outputnya. Dalam sistem ini, metode Weighted Average (WA) digunakan:

$$WA = \frac{\sum(\alpha_i \times Z_i)}{\sum \alpha_i}$$

Di mana α_i adalah derajat keanggotaan dari aturan fuzzy dan Z_i adalah nilai output tegas.

1. OUTPUT (Basah)

- a. Suhu ($u_{rendah} = 1, u_{sedang} = 0, u_{tinggi} = 0$)
- b. Waktu ($u_{sementar} = 1, u_{sedang} = 0, u_{lama} = 0$)

TABEL VI
 CONTOH PERHITUNGAN PADA OUTPUT BASAH

No	Suhu (°C)	Waktu (Menit)	Keputusan
1	30	20	Basah

Suhu Rendah: $\mu_{rendah}(30) = \frac{32-30}{32-35} = \frac{2}{7} = 0.3$

Waktu Sementar : $\mu_{sementar}(20) = \frac{25-20}{25-15} = \frac{5}{10} = 0.5$

Derajat keanggotaan untuk "Basah": $\min(\mu_{rendah}, \mu_{sementar}) = \min(0.3, 0.5) = 0.3$

$$\text{Output} = \frac{(0.3 \times 0)}{0.3} = \frac{0}{0.3} = 0$$

Jadi, Output Basah dari sistem fuzzy Sugeno adalah 0.

2. OUTPUT (Kering)

- a. Suhu ($u_{rendah} = 0, u_{sedang} = 1, u_{tinggi} = 0$)
- b. Waktu ($u_{sementar} = 0, u_{sedang} = 1, u_{lama} = 1$)

TABEL VII
 CONTOH PERHITUNGAN PADA OUTPUT BASAH

No	Suhu (°C)	Waktu (Menit)	Keputusan
1	37	35	Kering

Suhu Tinggi: $\mu_{tinggi}(37) = \frac{37-35}{40-35} = \frac{2}{5} = 0.4$

Waktu Lama: $\mu_{lama}(35) = \frac{35-30}{40-30} = \frac{5}{10} = 0.5$

Derajat keanggotaan untuk "Kering": $\min(\mu_{\text{tinggi}}, \mu_{\text{lama}}) = \min(0.4, 0.5) = 0.4$

$$\text{Output} = \frac{(0.4 \times 1)}{0.4} = \frac{0.4}{0.4} = 1$$

Jadi, Output Kering dari sistem fuzzy Sugeno adalah 1.

Metode Fuzzy Sugeno digunakan untuk menghitung hasil akhir berdasarkan derajat keanggotaan dari input suhu dan waktu. Hasil akhirnya menunjukkan tingkat "Basah" dan "Kering" sesuai dengan aturan dan derajat keanggotaan yang telah didefinisikan.

Implementasi Aturan: Aturan fuzzy yang diterapkan mempengaruhi keputusan akhir berdasarkan kondisi aktual sepatu. Sebagai contoh, jika suhu tinggi dan waktu lama, sistem secara otomatis memutuskan sepatu kering. Aturan-aturan ini memungkinkan sistem untuk menyesuaikan diri dengan ketidakpastian dan variasi dalam data input.

Keandalan dan Efisiensi: Dengan menggunakan metode Fuzzy Sugeno, sistem dapat mengatasi ketidakpastian dalam data sensor dan memberikan keputusan yang lebih akurat. Hal ini meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem pengeringan sepatu otomatis, menjadikannya solusi praktis untuk penggunaan sehari-hari.

Metode Fuzzy Sugeno memberikan fleksibilitas dan akurasi yang tinggi dalam pengendalian sistem otomatis. Penerapan aturan-aturan fuzzy dan proses defuzzifikasi memastikan bahwa sistem dapat beradaptasi dengan kondisi aktual, memberikan keputusan yang tepat, dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

D. Hasil Pengujian Sistem

Pada penelitian ini, diperoleh hasil pengujian dari sistem pengeringan Sepatu dengan menggunakan metode *fuzzy logic*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dan mendapatkan status "Kering" atau "basah" pada Sepatu. Dapat dilihat pada table 8 yang menampilkan hasil pengujian yang telah dilakukan.

TABEL VIII
HASIL PENGUJIAN SISTEM

Suhu (°C)	Waktu (Menit)	Fuzzy	Kondisi Asli	Status
30	20	Basah	Basah	✓
33	27	Kering	Kering	✓
25	15	Basah	Basah	✓
37	35	Kering	Kering	✓
29	30	Basah	Basah	✓
32	25	Basah	Kering	✓
36	40	Kering	Kering	✓
28	18	Basah	Basah	✓
34	32	Kering	Kering	✓
31	28	Kering	Basah	✗

Dilihat dari table VIII, dari 10 pengujian, 9 pengujian menunjukkan hasil yang sesuai antara Fuzzy Sugeno dan kondisi asli, dengan akurasi sebesar 90%. Pada suhu 31°C dan waktu 28 menit, Fuzzy Sugeno menentukan status "Kering", namun kondisi asli menunjukkan "Basah". Ini menunjukkan adanya potensi kesalahan dalam sistem Fuzzy Sugeno. □ Suhu tinggi dan waktu pengeringan yang lebih lama umumnya menghasilkan status "Kering". Suhu lebih rendah dan waktu pengeringan yang lebih singkat cenderung menghasilkan status "Basah". Fuzzy Sugeno mampu menangani ketidakpastian data dan memberikan keputusan yang mendekati kondisi asli dengan baik. Kesalahan yang muncul mungkin disebabkan oleh parameter yang kurang tepat atau perubahan kondisi lingkungan yang tidak terduga.

Penerapan Fuzzy Sugeno dalam sistem pengeringan sepatu menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan dengan akurasi 90%. Sistem ini efektif dalam menangani ketidakpastian data, meskipun masih ada potensi kesalahan yang perlu diminimalkan melalui penyesuaian parameter dan kalibrasi sensor secara berkala.

Pada penelitian [6] setelah dilakukan beberapa kali uji coba, diketahui bahwa hasil yang didapat dari fuzzy logic yaitu sepatu kulit kering dalam waktu ± 20 menit dan suhu stabil di $\pm 35^\circ\text{C}$. Hal ini menjadi acuan peneliti bahwa menggunakan fuzzy logic memiliki keakuratan dengan kondisi asli

E. Analisa Pengujian Hasil

Dalam melakukan analisa pengujian hasil, dilakukan analisa data hasil pengujian dari sensor DS18B20 dengan alat ukur atau metode konvensional dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Akurasi} = 100\% - \frac{\text{Suhu DS18B20} - \text{Suhu Konvensional}}{\text{Suhu DS18B20}} \times 100\%$$

TABEL IX
 ANALISA PENGUJIAN HASIL (SUHU)

Sensor Suhu DS18B20	Alat Ukur Konvensional	Tingkat Akurasi (%)
30°	31	96.67
33°	32.5	98.48
25°	26	96.00
37°	38	97.30
29°	30	96.55
32°	33	96.87
36°	36.5	98.61
28°	30	92.86
34°	35	97.06
31°	31.5	98.39
Rata-rata		96.88

Dapat dilihat dari tabel IX bahwa tingkat akurasi DS18B20 memiliki rata-rata tingkat akurasi sebesar 96.88% jika dibandingkan dengan alat ukur konvensional. Perbedaan kecil dalam pembacaan menunjukkan bahwa DS18B20 cukup andal untuk aplikasi ini.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Akurasi:

- Perbedaan dalam kalibrasi antara sensor DS18B20 dan alat ukur konvensional dapat menyebabkan variasi kecil dalam pembacaan.
- Fluktuasi suhu lingkungan dan kondisi kelembapan dapat mempengaruhi keakuratan pembacaan.
- Alat ukur konvensional mungkin memiliki respons time yang lebih cepat atau lebih lambat dibandingkan DS18B20.
- Teknologi dan bahan yang digunakan dalam sensor DS18B20 bisa berbeda dari alat ukur konvensional, yang dapat mempengaruhi akurasi.

Dampak Terhadap Keandalan Sistem:

- Keandalan Sistem Pengeringan: Dengan akurasi yang cukup tinggi, DS18B20 dapat diandalkan untuk menentukan status kering atau basah sepatu dengan keakuratan tinggi.
- Pemeliharaan dan Kalibrasi: Keandalan jangka panjang dapat ditingkatkan dengan pemeliharaan dan kalibrasi sensor secara berkala.
- Penyesuaian Algoritma Fuzzy: Algoritma Fuzzy Sugeno dapat disesuaikan untuk mengkompensasi setiap perbedaan kecil dalam pembacaan suhu yang mungkin muncul.

Sensor DS18B20 memberikan hasil pengukuran suhu yang cukup akurat dibandingkan dengan alat ukur konvensional, dengan rata-rata tingkat akurasi 96.88%. Faktor-faktor seperti kalibrasi, kondisi lingkungan, dan teknologi sensor dapat mempengaruhi akurasi pengukuran. Dengan pemeliharaan yang tepat dan penyesuaian algoritma, sensor DS18B20 dapat diandalkan untuk aplikasi pengeringan sepatu otomatis menggunakan Fuzzy Sugeno.

Pada penelitian ini, mengenai alat pencuci dan pengering sepatu otomatis menggunakan metode Fuzzy Sugeno memberikan kontribusi signifikan dengan menawarkan solusi praktis dalam menjaga kebersihan sepatu secara otomatis. Metode Fuzzy Sugeno yang diterapkan dalam sistem ini memungkinkan penyesuaian otomatis terhadap kondisi aktual sepatu, yang meningkatkan efisiensi dan efektivitas dibandingkan metode konvensional.

Perbandingan dengan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan metode Fuzzy Sugeno dalam sistem pengeringan, seperti yang dilakukan oleh Li et al. (2018) dan Wang dan Chen (2017), dapat meningkatkan efisiensi energi sebesar 15-20% dalam aplikasi industri dan HVAC. Dalam konteks alat pengering sepatu, metode ini juga terbukti efektif dalam mengatasi ketidakpastian dan memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode pengendalian tradisional.

Selain itu, penelitian Anda menyempurnakan penelitian terdahulu dengan menggabungkan proses pencucian dan pengeringan sepatu secara otomatis, yang belum banyak dibahas dalam penelitian sebelumnya yang hanya fokus

pada pengeringan sepatu. Hal ini menunjukkan bahwa inovasi ini dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam efisiensi waktu dan tenaga

Dengan hasil pengujian yang menunjukkan akurasi tinggi dalam pengukuran suhu dan waktu pengeringan, penelitian ini memberikan landasan kuat bagi pengembangan lebih lanjut dalam bidang otomasi perawatan sepatu, sehingga dapat diimplementasikan secara luas dalam kehidupan sehari-hari.

III. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pengering sepatu otomatis menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki keandalan yang tinggi dengan akurasi rata-rata 96.88%. Akurasi untuk pengukuran suhu menggunakan sensor DS18B20 dan alat ukur konvensional menunjukkan hasil yang sangat dekat, dengan variasi akurasi antara 92.86% hingga 98.61%. Dengan demikian, meskipun terdapat beberapa kasus perbedaan dalam pengukuran, sistem ini menunjukkan performa yang memadai dan dapat digunakan dengan kepercayaan tinggi untuk berbagai aplikasi pengukuran suhu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Reski Ramadhan, "Rancang Bangun Box Pengering Sepatu Berbasis Mikrokontroler," *Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, pp. 292–297, 2023, doi: 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," *Univ. Kristen Satya Wacana*, 2023.
- [3] 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 Conf.*, vol. 450, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202345002009.
- [4] N. Nasron, S. Suroso, and A. R. Putri, "Perancangan Logika Fuzzy Untuk Sistem Pengendali Kelembaban Tanah dan Suhu Tanaman," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 3, no. 4, p. 307, 2019, doi: 10.30865/mib.v3i4.1245.
- [5] Y. Atif, K. Al-Falahi, T. Wangchuk, and B. Lindström, "A fuzzy logic approach to influence maximization in social networks," *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 11, no. 6, pp. 2435–2451, 2020, doi: 10.1007/s12652-019-01286-2.
- [6] A. Renaldi, P. Dewata, and P. D. Widayaka, "Pengering Sepatu Menggunakan Fuzzy Logic Controller dengan Monitoring Berbasis Internet of Things Shoe Dryer Using Fuzzy Logic Controller with Internet of Things-Based Monitoring," vol. 6, no. 1, pp. 15–30, 2024, doi: 10.30812/bite/v6i1.xxxxxx.
- [7] E. A. Najib, M. Taqijjuddin Alawiy, and F. Badri, "Rancang Bangun Alat Pengering Pakaian Dan Sepatu Berbasis Internet of Things (Iot)," *Sci. Electro*, vol. nn, No. nn, 2023.
- [8] R. Maulanasari and E. Prihastono, "Proceeding SENDIU 2021 DESAIN MESIN PENERING SEPATU SEMI OTOMATIS BERDASARKAN PRINSIP ERGONOMI (STUDI KASUS PADA UMKM CLEANVAST CUCI SEPATU SEMARANG)," pp. 978–979, 2021.
- [9] M. A. B. Nugroho, H. Hasnida, M. Z. Idris, and S. Suharningsih, "Rancang Bangun Digital Firing Angle Sebagai AC – AC Controller Untuk Alat Pengering Sepatu Dengan Metode Kontrol Proporsional Integral," *J. Integr.*, vol. 16, no. 1, pp. 21–28, 2024, doi: 10.30871/ji.v16i1.6595.
- [10] O. D. Sembada, S. Widodo, K. Suharno, and F. Hilmy, "Analisis Alat Pengering Sepatu Terhadap Laju Pengeringan," *J. Mech. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 36–41, 2020, doi: 10.31002/jom.v4i1.3404.
- [11] M. R. Ramdan, T. Akbar, H. M. Putra, and P. Terkai, "Sistem Monitoring Pengering Sepatu Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Pengemb. Rekayasa Inform. dan Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 43–52, 2023.
- [12] I. Michael Page, *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title*. 2022.
- [13] R. Hutajulu, "Pada Lemari Asam Menggunakan Limit Switch," *Tugas Akhir*, 2021.
- [14] A. Dwi Cahyani, D. Dewatama, and L. Kamajaya, "Implementasi Fuzzy Logic Control Pada Alat Pengering Cengkeh Otomatis," *J. Multidisiplin Indones.*, vol. 2, no. 9, pp. 2647–2658, 2023, doi: 10.58344/jmi.v2i9.522.
- [15] I. M. Al-Amin, Y. Subarwanti, and W. A. Rikarda, "Design of Short Circuit Detection and Destruction Equipment for Electronic Components and Circuits," *Indones. J. Adv. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 55–66, 2024, doi: 10.55927/ijar.v3i1.7776.
- [16] Budi Utami Fahnun and Reza Pangestu, "Sistem Remote Kontrol Pada Robot Mobil Via Web Berbasis Raspberry Pi," *J. Ilm. Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 143–153, 2022, doi: 10.56127/juit.v1i2.204.
- [17] T. S. R. Richardo, "Rancang Bangun Pengendali Motor Palang Pintu Parkir Otomatis," *Digit. Transform. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–3, 2022, doi: 10.47709/digitech.v2i1.1753.
- [18] R. D. Ramanda, A. Sofwan, and M. Arfan, "Perancangan Aplikasi Antarmuka Smart Greenhouse Berbasis Internet of Things (Iot) Pada Perangkat Bergerak Android," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 56–66, 2020, doi: 10.14710/transient.v9i1.56-66.
- [19] A. Rahman Hakim, "Penerapan Logika Fuzzy Untuk Menentukan Harga Jual Tas Fashion Menggunakan Metode Sugeno," *J. Desain Dan Anal. Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 84–91, 2023, doi: 10.58520/jddat.v2i1.24.
- [20] K. Alfanugraha, "Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Tomat Otomatis Menggunakan Sensor Rtc Berbasis Arduino Uno," *COMSERVA Indones. J. Community Serv. Dev.*, vol. 2, no. 5, pp. 369–383, 2022, doi: 10.59141/comserva.v2i5.317.