

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : “Rancang Bangun Dan Monitoring Sistem Pengering Sepatu Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler ESP8266” adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahanyang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri**. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 30/01/2025



Nama: M Surya bagus R
NIM:4242101063



Nama :Febran Danuarta
NIM:4242101073

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
M Surya Bagus Rangkuti (4242101063)
Febran Danuarta (4242101073)
Tanggal Sidang: 16-01-2025

Disetujui oleh :

Dosen penguji I



1. Illa Aryeni, S.T., M.T.
NIK:122255

Dosen Pembimbing



1. Lalu kaisar Wisnu Kita, S.T., M.Sc
NIK:123290

Dosen Penguji II



2. Budiana, S.Si., M. Si
NIK: : 117194

Rancang Bangun Dan Monitoring Sistem Pengering Sepatu Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler ESP8266

Lalu Kaisar Wisnu Kita
M surya Bagus Rangkuti
Febran Danuarta
Politeknik Negeri Batam
Batam, Indonesia

bagusrangkuti18@gmail.com

Abstract— Di Indonesia, pengeringan sepatu sering kali bergantung pada sinar matahari yang tidak selalu dapat diandalkan, terutama saat cuaca tidak mendukung. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pengering sepatu berbasis *Internet of Things (IoT)* yang lebih efisien dan dapat diandalkan. Alat ini menggunakan pemanas PTC, kipas DC, sensor DHT untuk memantau suhu dan kelembaban, serta sensor beban HX711 untuk mendeteksi kadar air pada sepatu. Dengan penerapan sistem *fuzzy*, alat ini dapat mengatur suhu dan kelembaban secara otomatis, menjaga kondisi yang optimal selama proses pengeringan. Berdasarkan pengujian, alat ini berhasil mengurangi kadar air sepatu hingga 99,7% pada suhu 50°C, dengan waktu pengeringan yang bervariasi tergantung pada jenis bahan sepatu. Selain itu, pengguna dapat memantau dan mengontrol proses pengeringan sepatu secara *real-time* melalui aplikasi berbasis web berkat integrasi sistem *IoT*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat pengering sepatu mampu mengeringkan jenis sepatu berbahan kain dengan tingkat kelembaban mencapai 65% selama 120 menit pengeringan, sepatu berbahan kanvas dengan kelembaban 85,50% selama 125 menit dan sepatu berbahan kulit dengan kondisi kelembaban basah yang berada di level kelembaban 91% dengan durasi 145 menit pengeringan. (*Abstract*)

Keywords—DHT22, HX711, IOT, Fuzzy, Kontrol suhu

I. PENDAHULUAN

Proses pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam bahan hingga mencapai level tertentu, sehingga dapat memperlambat kerusakan yang disebabkan oleh aktivitas biologis dan kimia. Kecepatan pengeringan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti suhu dan kelembapan udara sekitar, aliran udara selama proses pengeringan, kadar air awal dalam bahan, daya dan efisiensi alat pengering, serta kapasitas total alat tersebut dalam menangani bahan [1]. Kelembapan udara sendiri merujuk pada jumlah uap air yang ada di udara, di mana tingginya kandungan uap air menunjukkan peningkatan kelembapan. Kondisi ini dipengaruhi oleh keberadaan uap air, sementara kemampuan udara untuk menampung uap air bergantung pada suhu [2].

Selama ini proses pengeringan sepatu di Indonesia, metode konvensional yang masih umum digunakan adalah

menjemur dengan menggunakan sinar matahari. Namun, karena tidak dapat memprediksi cuaca terik matahari, terutama saat musim hujan, maka ketergantungan pada proses pengeringan dengan sinar matahari menjadi tidak dapat diandalkan[3] Namun, tidak hanya faktor musim yang memengaruhi masalah pengeringan sepatu saat basah. Hal ini juga bisa disebabkan oleh situasi dan kondisi tertentu, misalnya pada malam hari di mana tidak mungkin dan tidak memungkinkan untuk menggunakan cahaya atau sinar matahari yang sangat terang[4]

Di Indonesia, mesin pengering telah banyak digunakan, termasuk mesin pengering pakaian, pengering bahan makanan, dan pengering untuk komoditas agroindustri. Proses pengeringan ini melibatkan perpindahan panas dan uap air secara bersamaan yang membutuhkan energi panas untuk menguapkan kandungan air dari permukaan bahan yang sedang dikeringkan oleh media pengering, yang umumnya berupa panas[5].

Pada penelitian ini membahas dan meneliti sebuah alat pengering sepatu. Alat ini akan bekerja menggunakan prinsip yang sama dengan pengeringan secara konvensional yaitu dengan panas yang dihasilkan oleh pemanas PTC serta angin yang akan ditiup dari luar oleh kipas DC ke dalam kotak tertutup maka proses pengeringan sepatu diharapkan dapat berjalan dengan cepat dan efisien dibandingkan dengan pengeringan menggunakan metode konvensional yang mengandalkan proses alami seperti sinar matahari sehingga proses pengeringan berjalan lebih lama dan bergantung pada kondisi cuaca. Pengering sepatu ini jika dipadukan dengan *IoT* maka akan menjadi suatu alat yang bersinergi dengan kemajuan teknologi saat ini. Untuk memudahkan pengguna untuk memastikan proses pengeringan di alat ini akan di tambahkan fitur *IoT* untuk *memonitoring* proses pengeringan dari jarak jauh dan menambahkan komponen *thermostat* agar dapat menyesuaikan suhu yang diinginkan dan menambahkan sistem *fuzzy* untuk mengatur kecepatan kipas dan membunyikan buzzer ketika sepatu sudah dalam kondisi kering, sehingga memudahkan pengguna dalam mengetahui kondisi sepatu.

II. STUDI LITERATUR

Dalam jurnal yang berjudul “*Prototype Alat Pengering Sepatu Menggunakan Sensor DHT22 Berbasis Internet Of Things (IoT)*” Penelitian ini bertujuan untuk membuat Sistem pengering sepatu berbasis *IoT* dengan set poin heater 71°C dengan memanfaatkan 2 kipas yang di mana 1 kipas digunakan untuk memperluas jangkauan suhu dan 1 kipas lagi digunakan sebagai *exhaust* ketika suhu melebihi 71 °C maka kipas ke 2 akan hidup untuk mengurangi suhu agar tetap stabil di angka maksimal 71 °C [6]

Pada jurnal yang berjudul “*Rancang Bangun Box Pengering Sepatu Berbasis Mikrokontroler*” Box pengering sepatu berbasis *mikrokontroler* dirancang untuk mengeringkan sepatu dengan waktu yang efisien, jika suhu di bawah 34°C maka kipas dc pemanas secara otomatis mati dan menghidupkan lampu UV-C [7].

jurnal yang berjudul “*Prototype Kotak Menjaga Kekeringan dan Kelembaban Sepatu Berbasis Mikrokontroler*” Pada penelitian ini memakai 2 kipas yang di mana fungsi kipas 1 sebagai penyebar suhu panas agar merata dan ketika suhu telah mencapai nilai yang telah ditentukan maka kipas 2 akan bekerja sebagai penurunan suhu di dalam kotak pengering sepatu agar suhu tidak melebihi batas yang telah ditentukan [8].

jurnal dengan “*Rancang Bangun Pengering Sepatu Berdasarkan Kelembaban Menggunakan Metode PID (Proportional Integral Derivated)*” Menjelaskan Sistem yang bekerja dengan menggunakan metode kontrol PID untuk menjaga suhu dalam di dalam kotak pengering sepatu, Kompur Gas menjadi penghasil panas untuk menaikkan suhu di dalam kotak pengering sepatu, LCD digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban dalam sepatu Ketika berlangsungnya pengeringan sepatu, dengan memodifikasi alat pengering sepatu ini, diakui dapat mempermudah ibu rumah tangga dalam pengeringan sepatu [9].

Sementara itu jurnal yang berjudul “*Rancang Bangun Alat Pengering Pakaian dan Sepatu Berbasis Internet Of Things*” Menjelaskan bahwa Alat pengering sepatu berbasis *IoT* bekerja secara otomatis, dengan mengatur suhu dan *timer* yang di inginkan pada aplikasi *blynk*. Sensor dht11 akan mengirim sinyal ke *NodeMCU esp8266* ketika suhu yang di inginkan mencapai 50 °-60 ° [10]

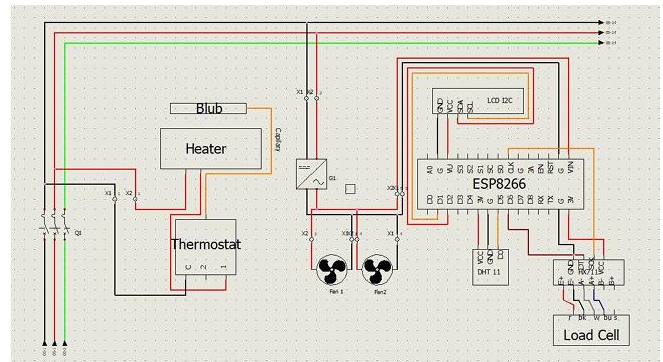
Pada penelitian ini terdapat beberapa perbedaan dari penelitian sebelumnya, Dimana pada penelitian sebelumnya pengeringan masih memakai metode *IoT* saja untuk sistemnya, Pada penelitian kali ini memakai metode *fuzzy* sebagai sistem dari alat tersebut untuk mengontrol pengeringan yang ada di dalamnya, Menggunakan Thermostat sebagai komponen untuk mengatur suhu ke *set point* yang di inginkan, menambahkan *buzzer* sebagai alarm ketika sepatu sudah dalam kondisi kering, *IoT* sebagai monitoring suhu, Kelembaban, dan massa, dan *loadcell* sebagai sensor untuk mendeteksi massa pada sepatu.

III METODELOGI PENELITIAN

A. Perancangan Elektrikal

Dalam membangun sistem ini, diperlukan perancangan *elektrikal*. Pada perancangan *elektrikal*, Masukannya berupa komponen sensor DHT12 dan HX711. *Mikrokontroler* yang digunakan ialah ESP8266 yang berfungsi untuk

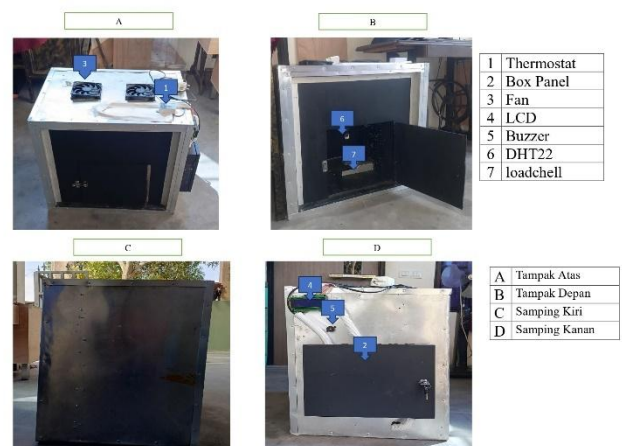
mengendalikan seluruh sistem serta untuk modul komunikasi untuk *IoT*. Dan untuk keluaran pengendalian berupa pengontrolan suhu menggunakan komponen *Thermostat*. Dalam perancangan *elektrikal* menggunakan Sensor HX711 untuk menghitung massa kadar air pada sepatu seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Desain Elektrikal

B. Perancangan Mekanikal

Tampilan *mekanikal* dari kotak pengering sepatu yang dirancang pada penelitian ini menunjukkan struktur yang mendukung efisiensi pengeringan dengan dimensi dari alat pengering sepatu yang telah dibuat pada penelitian ini mempunyai panjang, lebar, dan tinggi yaitu 650×350×450 mm. Besi holo menjadi bahan utama dalam pembentukan kerangka kotak pengering sepatu. Besi holo dipilih karena bahannya kuat dan mudah untuk dibentuk, Aluminium juga menjadi bahan yang sangat penting dalam pembentukan kotak pengering sepatu, Teksturnya yang elastis, sehingga memudahkan dalam pembentukan dan sifatnya yang mampu mengendap panas pada ruangan pengering sepatu sehingga cukup baik untuk menjaga kestabilan suhu pada kotak pengering sepatu. Pemasangan 12 karet di sela-sela pintu digunakan untuk memperkecil keluarnya udara yang membuat suhu tidak stabil.



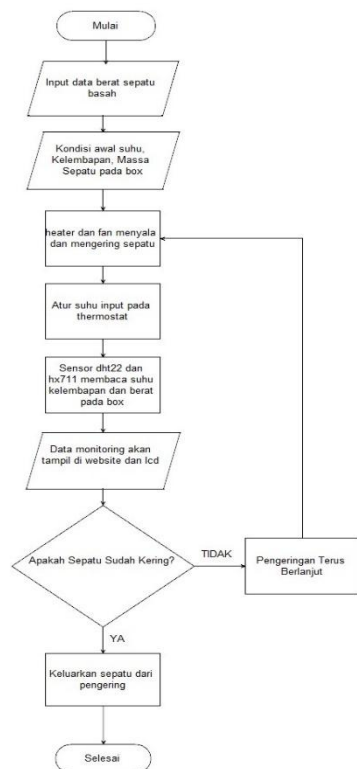
Gambar 2 Desain Mekanikal

Pada gambar 2 terlihat 4 tampilan berbeda dari kotak pengering sepatu, Pada tampilan A memperlihatkan dari atas kotak pengering sepatu yang terdapat komponen yang terlihat

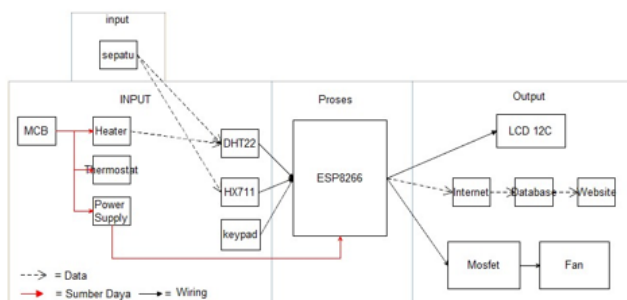
kelas. No.1 komponen *thermostat* No.3 komponen Kipas, Tampilan B terlihat dari samping dalam kotak pengering sepatu yang terlihat 2 komponen di dalam kotak pengering, Komponen No.6 terdapat 22 *dht* No.7 terdapat *loadcell*, Tampilan C bentuk dari samping kiri kotak pengering dan tampilan D bentuk dari kanan kotak pengering sepatu yang terdapat 3 komponen yang terlihat, Komponen No.4 terdapat LCD, Komponen No. 4 terdapat *Buzzer* dan NO 2 terdapat kotak panel.

C. Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak, diperlukan alur pemrograman sistem yang diawali dengan inisiasi Pemanasan *Heater* pada Box. Kemudian sensor mengambil data masukan yang nantinya akan di proses metode *fuzzy* untuk mengetahui kondisi pada Sepatu agar memperoleh suhu dan kelembapan yang ideal. Sensor HX711 disini berfungsi agar mengetahui massa sepatu atau lebih tepatnya kadar air pada sepatu. Pada bagian *IoT*, data yang didapatkan dari sensor akan di masukan ke server, Kemudian akan ditampilkan pada web dan *lcd* pada *box*. Tampilan *flowchart* sistem dapat dilihat pada gambar Gambar.3 dan 4.



Gambar 3 Flowchart alur sistem

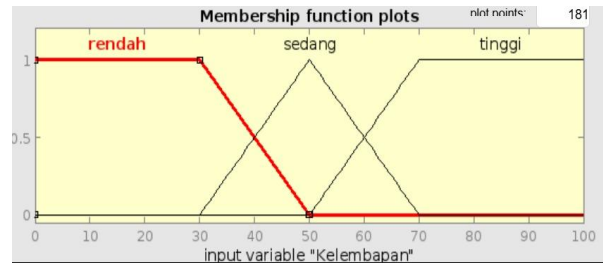


Gambar 4 Diagram Alur Sistem

D. Perancangan Sistem Fuzzy

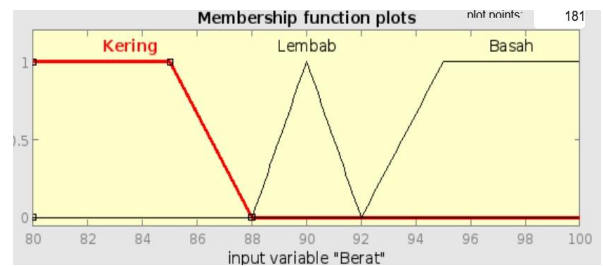
Perancangan sistem *fuzzy mamdani* menggunakan 2 *input*, yaitu kelembapan memiliki 3 himpunan rendah, sedang, dan tinggi, untuk massa memiliki 3 himpunan kering, lembab, basah. Fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 5.

Rentang nilai suhu keanggotaan dingin adalah 0-50, hangat dengan nilai 30-70, dan panas dengan nilai 50-100.



Gambar 5 Grafik Fungsi Keanggotaan Kelembapan

Rentang nilai massa keanggotaan kering adalah 0-88,lembab dengan nilai 88-92, dan basah dengan nilai 92-100 yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 grafik fungsi keanggotaan massa

Untuk mendapatkan nilai *output* yang sesuai,maka didasari dengan aturan *fuzzy* dapat dilihat pada gambar 7.

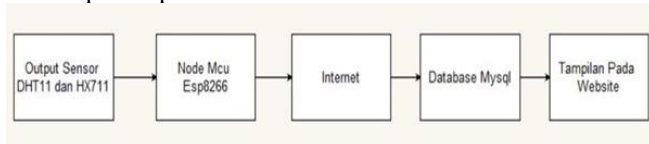
1. If (Kelembapan is rendah) and (Berat is Kering) then (PWM is Lambat)(Buzzer is Hidup) (1)
2. If (Kelembapan is rendah) and (Berat is Lembab) then (PWM is Lambat)(Buzzer is Mati) (1)
3. If (Kelembapan is rendah) and (Berat is Basah) then (PWM is Lambat)(Buzzer is Hidup) (1)
4. If (Kelembapan is sedang) and (Berat is Kering) then (PWM is Sedang)(Buzzer is Mati) (1)
5. If (Kelembapan is sedang) and (Berat is Lembab) then (PWM is Sedang)(Buzzer is Mati) (1)
6. If (Kelembapan is sedang) and (Berat is Basah) then (PWM is Sedang)(Buzzer is Mati) (1)
7. If (Kelembapan is tinggi) and (Berat is Kering) then (PWM is Cepat)(Buzzer is Mati) (1)
8. If (Kelembapan is tinggi) and (Berat is Lembab) then (PWM is Cepat)(Buzzer is Mati) (1)
9. If (Kelembapan is tinggi) and (Berat is Basah) then (PWM is Cepat)(Buzzer is Mati) (1)

Gambar 7 aturan Fuzzy

E. Perancangan sistem IOT

Internet of things (IoT) merupakan konsep pemanfaatan dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus dengan memanfaatkan teknologi *IoT*[11], Penelitian yang dilakukan yaitu *monitoring* Suhu dan Kelembaban Berbasis *IoT* ini secara spesifik menggunakan perangkat Node MCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan website pendukung Webhost sebagai alat monitoring. Sistem monitoring menggunakan *IoT* ini digunakan untuk monitoring suhu, kelembapan, dan massa pada sepatu sistem monitoring ini memanfaatkan modul sensor DHT22 dan hx711 untuk mengukur nilai suhu dan kelembapan serta sensor hx711 Untuk menimbang massa pada sepatu secara *real-time*. Monitoring ini memiliki sistem pengiriman data

suhu dan kelembapan, yang diawali dari pembacaan data suhu dan PWM oleh ESP8266, kemudian data tersebut akan di *parshing* sehingga menghasilkan 2 variabel yang kemudian akan dikirim ke *database mysql*, pengiriman data tersebut menggunakan *http* sebagai *protocol* komunikasi untuk mengirim dan menerima data melalui jaringan internet, kemudian data yang sudah dikirim ke *database mysql* akan ditampilkan pada halaman *website* secara *realtime*.



Gambar 8 Blok Diagram IoT



Gambar 9 Desain Web Dashboard

F. Pengujian dan Validasi

Pada penelitian ini menguji akurasi dari sensor DHT22 dan *Thermostat* dengan membandingkan data dari kedua sensor untuk memastikan sensor bekerja dengan baik, *Thermostat* dijadikan acuan untuk perbandingan data dari sensor DHT22.

Persentase *error* didapat dari rumus :

$$\text{Persentase error (\%)} = \frac{Da-DS}{DS} \times 100\%$$

Da = mewakili nilai data *Thermostat*

DS = mewakili nilai data DHT22 [12]

Persentase eror maksimal berada pada level 10%[13]

Pengujian kadar air yang berkurang selama proses pengeringan berlangsung, untuk memastikan berapa banyak sisa kandungan air yang tersisa setelah proses pengeringan

Persentase kadar air yang berkurang di dapat dari rumus;

$$\text{Persentase kadar air (\%)} = \frac{W}{W_1-W_2} \times 100\%$$

W = Selisih massa sepatu kering sebelum di cuci dan setelah dicuci dalam kondisi basah

W1= Massa sepatu setelah di cuci (kondisi Basah)

W2=Massa sepatu setelah proses pengeringan menggunakan alat pengering sepatu [12].

G. Pengujian Laju Perpindahan Panas

Perhitungan laju perpindahan panas memiliki peran krusial dalam mengoptimalkan desain alat pengering, yang mencakup beberapa aspek penting seperti penentuan

daya pemanas yang tepat, penataan kipas untuk mencapai aliran udara yang efisien, serta pemilihan bahan isolasi untuk meminimalkan kehilangan panas.[14]

rumus laju perpindahan panas konveksi:

$$Q=h \cdot A \cdot \Delta T$$

Di mana:

- *Q* = Laju perpindahan panas (Watt, W)
- *h* = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m²·K)
- *A* = Luas permukaan yang bersentuhan dengan udara (m²)
- ΔT = Selisih suhu antara permukaan pemanas dan udara di dalam ruang [15]

Dimensi kotak pengering sepatu

P=650mm

L=350mm

T=450mm

- Menghitung luas Permukaan

$$A=2 \cdot (0,65 \cdot 0,45 + 0,65 \cdot 0,35 + 0,45 \cdot 0,35) = 2 \cdot (0,2925 + 0,2275 + 0,1575) = 2 \cdot 0,6775 = 1,355 \text{ m}^2$$

- Menghitung ΔT

$$\Delta T = \text{Suhu target} - \text{Suhu awal}$$

$$\Delta T = 50^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 20^\circ\text{C}$$

$$\text{Maka } Q = 50 \cdot 1,355 \cdot 20 = 1355 \text{ Watt}$$

Jadi untuk memanaskan ruangan dengan dimensi 650mm,350mm,450mm diperlukan pemanas dengan spesifikasi 1355Watt.

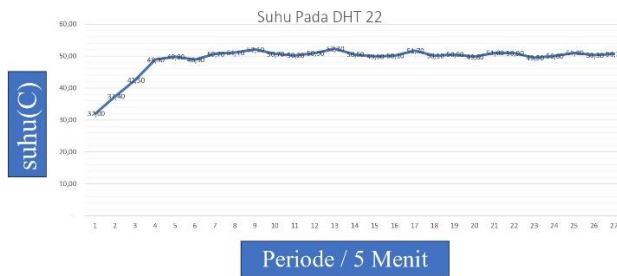
IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy* pada alat pengering sepatu yang telah dirancang, Untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembaban selama proses pengeringan sepatu berlanjut. Alat ini memiliki beberapa komponen penting, di antaranya adalah LCD yang menampilkan kondisi suhu dan kelembaban pada saat proses pengeringan secara *real-time* dan *thermostat* yang berfungsi untuk memutuskan dan menyambungkan aliran listrik pada *heater* ketika sudah mencapai set *point* yang telah di atur. Selain itu ,terdapat *heater* yang berfungsi untuk memanaskan udara selama proses pengeringan. Di dalam kotak pengering juga dilengkapi sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembaban selama proses pengeringan. Di dalam kotak pengering terdapat sensor HX-711 yang berfungsi untuk mengetahui massa awal pada saat kondisi sepatu basah .Pada bagian dalam kotak pengering sepatu terdapat *Fan* dc yang berfungsi menyebar luaskan suhu panas yang di hasilkan oleh *heater*. Sistem ini memungkinkan mesin pengering sepatu untuk mengontrol proses pengeringan dengan menggunakan metode *fuzzy*. Kelebihan alat ini bisa mengatur set point suhu pengeringan sesuai yang di inginkan dan bisa memonitoring suhu kelembaban, massa selama proses pengeringan melalui website IoT sehingga memudahkan pengguna dalam memantau proses pengeringan sepatu.

A. Pengujian Sensor DHT 22

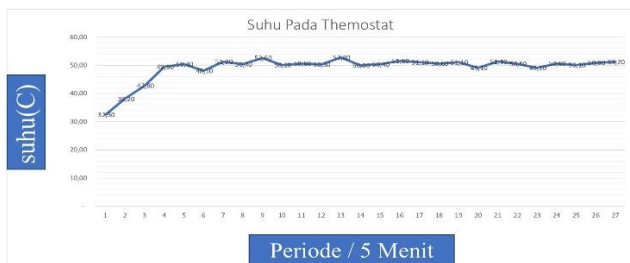
Pada pengujian sensor DHT22, dilakukan perbandingan pembacaan suhu antara sensor DHT22 dan *thermostat* dengan set *point* suhu 50°C.Pengujian bertujuan untuk mengukur keakuratan sensor DHT22 selama proses pengeringan berlanjut, Dan dilakukan perbandingan data

yang dihasilkan dari *Thermostat* sebagai alat ukur pembanding. Berikut hasil dari pengujian sensor DHT22 dan *Thermostat*.



Gambar 10 grafik kenaikan suhu pada sensor dht22

Dari gambar grafik 10 di tunjukan bahwa sistem mengalami *Overshoot* suhu yang terbaca oleh sensor sebesar 2,30°C ketika suhu ingin mencapai set *point* yang telah di atur dan suhu Kembali turun ke set *point* yang telah ditentukan, *overshoot* sebesar 2,30°C. Waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu 50°C selama 15 menit, Hasil dari pengujian sensor DHT22 didapatkan bahwa suhu terendah yang dibaca oleh sensor DHT22 adalah 32,20°C ketika kondisi awal sebelum memulai proses pengeringan sepatu dan untuk suhu tertinggi yang dibaca adalah 52,30°C. Perbedaan suhu yang didapat dari sensor DHT22 dan *Thermostat* berada dalam rentang 0,20°C hingga 0,30°C yang menunjukan adanya selisih dari kedua sensor namun stabil dalam pengukuran. hasil perbandingan ini menunjukan bahwa sensor DHT22 bekerja dengan baik.



Gambar 11 grafik kenaikan suhu pada thermostat

Grafik 11 terlihat fluktuasi Persentase error yang di ambil dari data periode ke 11 dari kedua sensor.

$$\text{Persentase error (\%)} = \frac{50,60 - 50,20}{50,60} \times 100\%$$

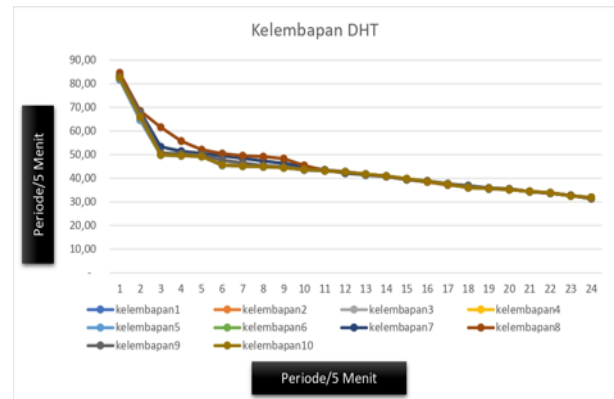
$$\text{Persentase error} = 0,79\%.$$

B. Pengujian Sistem Pengering Sepatu

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 jenis sepatu yang berbeda, yaitu sepatu berbahan kanvas, Sepatu berbahan kulit, Sepatu berbahan kain. Pengujian ini dilakukan pada set *point* suhu 50°C.

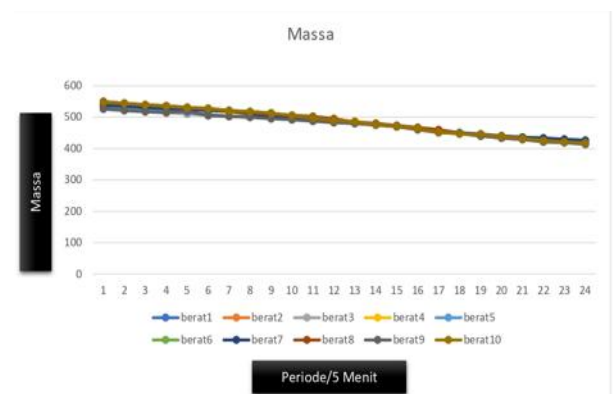
- 1) Pengujian pada sepatu berbahan kain.

Pada pengujian pengeringan pada sepatu berbahan kanvas dengan ukuran sepatu 39 dikeringkan dengan suhu 50°C.



Gambar 12 grafik kelembaban sepatu berbahan kain

Pada gambar 12 terlihat grafik kelembaban pada sepatu berbahan jenis kain, tergambar fluktuasi kelembaban pada sepatu selama proses pengeringan sepatu. Pada tahap awal kelembaban pada sepatu berada pada kondisi yang sangat tinggi mencapai 65% sebelum mengalami proses pengeringan. proses pengeringan sepatu dimulai dengan penguapan kadar air pada sepatu. Proses pengeringan sepatu berbahan kanvas dengan suhu set *point* 50°C kelembaban yang berfluktuasi sebesar 34% sampai sepatu mencapai kondisi kering dalam waktu pengeringan selama 2 jam.



Gambar 13 grafik massa sepatu berbahan kain

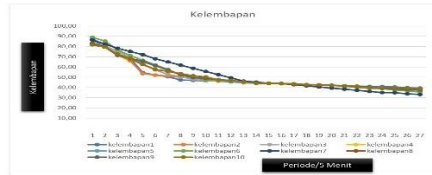
Pada gambar 13 terlihat grafik massa sepatu selama proses pengeringan berlanjut, kondisi massa awal sepatu basah mencapai 536 gram sebelum proses pengeringan dilakukan, selama proses pengeringan berlanjut maka kadar air pada sepatu akan semakin berkurang akibat adanya penguapan pada proses pengeringan, data pada gambar grafik tersebut terlihat massa akhir sepatu selama proses pengeringan dengan massa sepatu 427 gram dan kelembaban sepatu sebesar 31% di mana pada kondisi massa dan kelembaban ini sepatu dalam kondisi kering.

$$\text{Perhitungan persentase kadar air yang hilang dari periode Persentase (\%)} = \frac{109}{536 - 425} \times 100\%$$

Persentase= 98,19%.

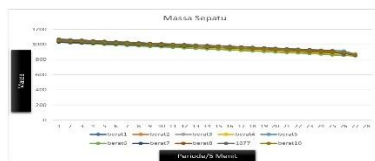
2) Pengujian pada sepatu berbahan kanvas

Pengeringan sepatu berbahan kanvas dengan ukuran sepatu sebesar 41cm, Dimana sepatu lebih besar dari sepatu berbahan jenis jeans.



Gambar 14 grafik kelembaban sepatu bahan kanvas

Pada gambar 14 menjelaskan grafik penurunan kelembaban pada sepatu berbahan kanvas, Kondisi kelembaban awal pada sepatu berada pada level yang sangat tinggi sebesar 86,50% sebelum mengalami penurunan yang sangat cepat sampai level kelembaban pada sepatu mencapai 39,50% di mana sepatu sudah dalam kondisi kering.



Gambar 15 grafik massa sepatu berbahan kanvas

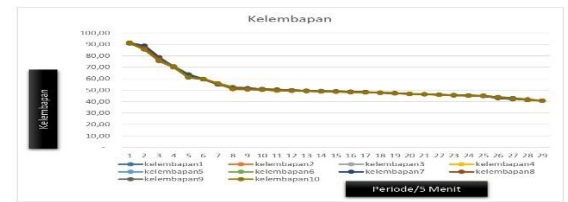
Pada gambar 15 terlihat grafik untuk massa pada sepatu berbahan jenis kanvas, Pada tahap awal sepatu dalam kondisi basah dan massa sepatu sangat tinggi mencapai 1050gram sebelum dimulai proses pengeringan dan kenaikan suhu di dalam kotak pengering sepatu, proses pengeringan sepatu berbahan jeans lebih lama dari pada sepatu berbahan jenis kain, yang di mana proses pengeringan sepatu berbahan jeans memakan waktu 140menit sampai sepatu kering dengan massa berada di level 869gram.

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{181}{1050-865} \times 100\%$$

Persentase= 97,83%.

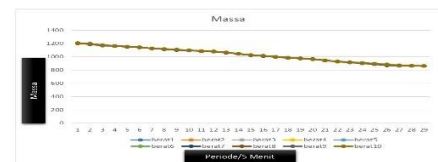
3) Pengujian pada sepatu berbahan kulit.

Pengujian sepatu berbahan kulit dengan ukuran sepatu 42cm dengan kondisi fisik sepatu lebih besar dan kulit sepatu lebih tebal dibanding sepatu berbahan kain dan kanvas.



Gambar 16 grafik kelembaban sepatu berbahan kulit

Pada gambar 16 terlihat grafik kelembaban sepatu berbahan kulit, kondisi kelembaban awal berada pada level 91% yang termasuk pada level yang cukup tinggi dibanding sepatu berbahan kain dan kanvas, ketebalan kulit pada sepatu berpengaruh terhadap kandungan air yang menempel di sepatu, Sebelum kelembaban turun ketika proses pengeringan berlangsung, di mana kelembaban berbanding terbalik dengan kenaikan suhu. kelembaban sepatu setelah proses pengeringan sampai sepatu benar-benar kering berada pada level 40,60%.



Gambar 17 grafik massa sepatu berbahan kulit

Pada gambar 17 grafik menunjukkan massa awal pada kondisi basah berada pada level yang sangat tinggi 1205gram sebelum mengalami penurunan dari proses pengeringan yang berlanjut, pengeringan berjalan dimulai dengan proses penguapan kadar air yang tersimpan di kulit sepatu, pengeringan sepatu berbahan kulit berlangsung selama 145 menit, bahan yang lebih tebal membuat kandungan air yang lebih banyak dibanding bahan lain, sehingga proses pengeringan sepatu berbahan kulit lebih lama dibanding sepatu berbahan kain dan kanvas, massa sepatu setelah proses pengeringan menjadi 863gram.

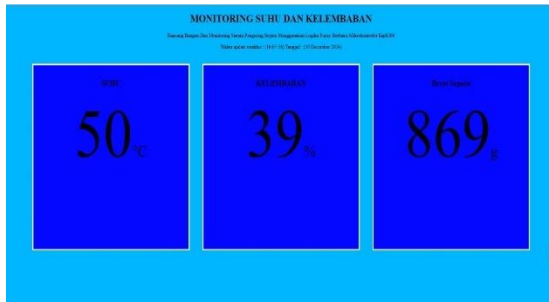
$$\text{Persentase (\%)} = \frac{341}{1205-863} \times 100\%$$

Persentase= 99,70%.

Kadar air yang berkurang selama proses pengeringan sebesar 99,70%.

C. Pengujian tampilan dashboard pada website

Pengujian dashboard pada website untuk melihat apakah data dari sensor yang dipakai terkirim dengan baik dan menampilkan data pada dashboard website yang telah dirancang. Aplikasi ini menampilkan data berubah suhu, kelembaban, Massa sehingga dapat mengetahui kondisi selama proses pengeringan berlangsung. Tampilan dashboard website dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 18 tampilan dashboard IOT

Pada gambar 18 terlihat tampilan *dashboard IOT* yang terdapat Suhu, Kelembaban, dan Massa untuk memantau proses pengeringan sepatu secara *real-time* selama proses pengeringan berlangsung.

13:43:57	30 December 2024	32	86	1040
13:49:04	30 December 2024	37	80	1031
13:53:45	30 December 2024	42	71	1026
13:59:47	30 December 2024	48	68	1019
14:04:57	30 December 2024	49	54	1013
14:09:44	30 December 2024	48	52	1007
14:14:50	30 December 2024	50	50	995
14:19:42	30 December 2024	51	47	990
14:24:24	30 December 2024	52	46	987
14:29:49	30 December 2024	50	46	984
14:34:45	30 December 2024	50	46	975
14:51:55	30 December 2024	50	45	963
14:56:55	30 December 2024	52	44	960
15:01:10	30 December 2024	50	44	952
15:06:19	30 December 2024	49	44	948
15:11:22	30 December 2024	50	43	941
15:16:47	30 December 2024	51	43	936
15:21:12	30 December 2024	50	42	928
15:25:08	30 December 2024	50	42	924
15:31:26	30 December 2024	49	42	910
15:36:37	30 December 2024	51	41	906
15:41:08	30 December 2024	50	41	899
15:45:39	30 December 2024	49	41	894
15:50:28	30 December 2024	50	40	889
15:55:37	30 December 2024	51	40	882
16:02:34	30 December 2024	50	39	875
16:07:56	30 December 2024	50	39	869

Gambar 19 penyimpanan data yang terkirim ke *iot*

Pada Gambar 19 ditampilkan hasil penyimpanan data yang telah berhasil dikirimkan oleh sensor ke sebuah *website IoT* yang dirancang khusus untuk memantau proses pengeringan secara *real-time*. Data yang ditampilkan mencakup beberapa parameter penting, yaitu waktu, tanggal, suhu, kelembapan, dan massa, yang seluruhnya direkam secara berkala selama proses berlangsung. Informasi waktu dan tanggal memberikan referensi kronologis yang akurat, sehingga memungkinkan pengguna untuk melacak kapan data diambil dan memastikan sinkronisasi antara proses pengeringan dan pengumpulan data. Suhu dan kelembapan, sebagai parameter lingkungan utama, sangat penting untuk mengamati kondisi pengeringan serta memastikan bahwa perangkat bekerja sesuai dengan pengaturan optimal untuk mencapai efisiensi maksimal. Sementara itu, data massa memungkinkan pengguna memantau perubahan massa selama proses pengeringan, yang merupakan indikator langsung dari laju penghilangan kelembapan dari objek yang dikeringkan.

D. Konsumsi daya pada alat pengering sepatu



Gambar 20 gambar konsumsi daya

Gambar 20 memperlihatkan konsumsi daya Selama proses pengeringan sepatu 1 jam menggunakan alat pengering, konsumsi daya listrik dapat diketahui melalui data yang ditampilkan pada aplikasi komponen *smart plug*. Berdasarkan pengukuran, alat pengering sepatu ini membutuhkan tegangan sebesar 202,8 volt dengan arus sebesar 5014mA (5,014 A) untuk beroperasi secara optimal. Dengan tegangan dan arus tersebut, daya listrik yang digunakan oleh alat ini tercatat sebesar 1021 watt (1,021 kW). Dalam waktu pengoperasian selama 1 jam, energi listrik yang dikonsumsi alat ini tercatat mencapai 0,96 kWh (kilowatt-hour).

E. Pengujian metode fuzzy

Pada pengujian metode *fuzzy* dilakukan perhitungan manual dan perhitungan dari *matlab* untuk melihat persentase error. Data yang di ambil untuk percobaan manual diambil dari data pengeringan sepatu berbahan kanvas dengan kelembaban 50% dan massa 95gram.

Fuzzifikasi

• Fuzzifikasi kelembaban

$$\mu_{\text{Rendah}} = \frac{b-x}{b-a} = \frac{50-50}{50-30} = 0$$

$$\mu_{\text{Sedang}} = \frac{x-a}{b-a} = \frac{70-50}{70-50} = 1$$

$$\mu_{\text{tinggi}} = \frac{b-x}{b-a} = \frac{50-50}{70-50} = 0$$

• Fuzzifikasi massa

$$\mu_{\text{kering}} = 0$$

$$\mu_{\text{lembab}} = 0$$

$$\mu_{\text{basah}} = 1$$

Evaluasi Aturan dan Agregasi

Pada bagian ini, berfungsi untuk untuk menentukan bagaimana aturan-aturan yang telah didefinisikan memengaruhi output berdasarkan input yang diberikan.

R6(IF kelembaban sedang *and* massa basah)

Maka *Output*

- PWM: Sedang (Min (1,1) =1
- Buzzer: Mati = Min (1,1) =1

Defuzzifikasi Defuzzifikasi ini merupakan tahapan di mana sistem akan mengolah bilangan riil menjadi himpunan fuzzy yang diperoleh melalui proses *fuzzifikasi* dan aturan inferensi. Proses *defuzzifikasi* menggunakan metode *centroid* dengan menentukan himpunan *output*.

$\mu_{\text{Sedang}} = 1$

Output sedang berada pada rentang [100,150,200]

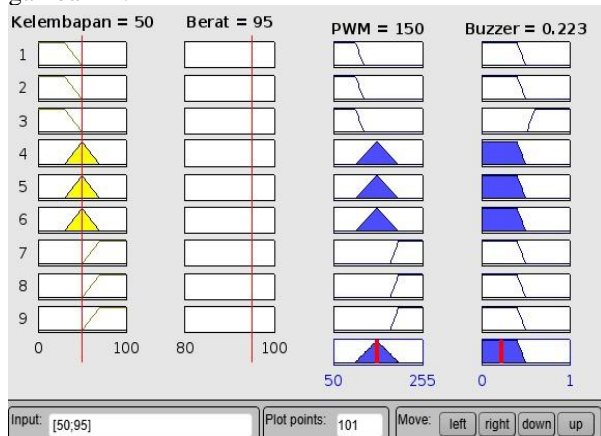
Karena $\mu_{\text{Sedang}} = 1$, centroid PWM adalah titik Tengah

$$Z_{\text{PWM}} = \frac{100+200}{2} = 150$$

μ_{Mati}

$$Z_{\text{Buzzer}} = \frac{0+0,5}{2} = 0,25.$$

Dari *defuzzifikasi mamdani* menunjukkan hasil output *mamdani* kecepatan PWM 150 ,yaitu output berada pada kategori sedang. Pembuktian dengan input yang sama pada matlab menunjukan PWM 150 yang dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 21 pengujian fuzzy mamdani di matlab

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini bisa disimpulkan alat pengering sepatu berbasis *Internet of Things (IoT)* yang menggunakan pemanas PTC, kipas DC, sensor DHT untuk memantau suhu dan kelembaban dan sensor beban HX711 untuk mendeteksi kandungan air, dapat mengurangi kadar air dalam sepatu hingga 99,7%, dengan waktu pengeringan yang bervariasi tergantung pada jenis bahan sepatu. Selain itu, dengan adanya sistem *IoT*, pengguna dapat memantau dan mengontrol proses pengeringan sepatu secara real-time dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis web. Pengembangan selanjutnya bisa dapat mengganti komponen pemanas yang spesifikasi Watt dari pemanas yang lebih besar dari yang saat ini untuk mempercepat kenaikan dan penyebaran suhu pada kotak secara merata dan penggunaan sumber energi terbarukan guna meningkatkan keberlanjutan alat.

References

- [1] M. Hatta, A. Syuhada, Z. Fuadi, J. Teknik Mesin, P. Negeri Lhokseumawe, and U. Syiah Kuala Jl Banda Aceh-Medan Km, "SISTIM PENGERINGAN IKAN DENGAN METODE HYBRID," 2019.
- [2] J. Prof, H. Hadari, and N. Pontianak, "Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi Sistem Pemantauan dan

Pengeringan Sepatu Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) [1] Rakha Daffa Pratama, [2] Suhardi, [3] Rahmi Hidayati [1][2][3] Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura," 2024.

- [3] O. Dwi Sembada, S. Widodo, K. Suharno, and F. Hilmy, "ANALISIS ALAT PENGERING SEPATU TERHADAP LAJU PENGERINGAN."
- [4] F. Qurnia Afandi, A. Bachri, and U. Ilmi, "PROTOTYPE KOTAK MENJAGA KEKERINGAN DAN KELEMBABAN SEPATU BERBASIS MIKROKONTROLLER," *Seminar Nasional Fortei Regional*, vol. 7.
- [5] O. Dwi Sembada, S. Widodo, K. Suharno, and F. Hilmy, "ANALISIS ALAT PENGERING SEPATU TERHADAP LAJU PENGERINGAN."
- [6] 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.
- [7] M. Reski Ramadhan, M. Ariandi, J. Jenderal Ahmad Yani No, K. I. Seberang Ulu, K. Palembang, and S. Selatan, "Rancang Bangun Box Pengering Sepatu Berbasis Mikrokontroler," 2023.
- [8] F. Qurnia Afandi, A. Bachri, and U. Ilmi, "PROTOTYPE KOTAK MENJAGA KEKERINGAN DAN KELEMBABAN SEPATU BERBASIS MIKROKONTROLLER," *Seminar Nasional Fortei Regional*, vol. 7.
- [9] "RANCANG BANGUN PENGERING SEPATU BERDASARKAN KELEMBABAN MENGGUNAKAN METODE PID (PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE)."
- [10] E. A. Najib, M. Taqijjuddin Alawiy, and F. Badri, "P A G E RANCANG BANGUN ALAT PENGERING PAKAIAN DAN SEPATU BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)."
- [11] D. Suarna and E. Sopyan, "Implementasi Internet of Things (IoT) dalam Memonitoring Komsumsi Listrik," *Bulletin of Information Technology (BIT)*, vol. 4, no. 2, pp. 163–170, 2023, doi: 10.47065/bit.v3i1.
- [12] O. Dwi Sembada, S. Widodo, K. Suharno, and F. Hilmy, "ANALISIS ALAT PENGERING SEPATU TERHADAP LAJU PENGERINGAN."
- [13] M. Irwanto and L. K. W. Kita, "An application of multi-magnetic circular planar spiral relay to improve the performance of wireless power transfer system," *Electrical Engineering and Electromechanics*, vol. 2024, no. 6, pp. 19–26, Oct. 2024, doi: 10.20998/2074-272X.2024.6.03.
- [14] J. H. Hadari Nawawi, "Analisis Efektivitas Laju Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Tipe Shell And Tube (1)* Julianto, (2) Ayong Hiendro, (3) Muhammad Taufiqurrahman (1)(2)(3) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tanjungpura," 2022.
- [15] D. A. Santoso, "Analisis Koesien Perpindahan Panas Konveksi dan Distribusi Temperatur Aliran Fluida pada Heat Exchanger Counterow Menggunakan Solidworks."

