



Machine Learning

Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Pada Tempat Penyimpanan Gabah Berbasis Android Menggunakan Logika Fuzzy

Haritsah Yudha Pratama ¹, Desta Yolanda ^{*2}

^{1,2} Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas, Kota Padang, Sumatera Barat, 25163

ARTICLE INFORMATION

Received: January 18, 2025
Revised: March 24, 2025
Available online: April 30, 2025

KEYWORDS

Gabah, Fuzzy, ESP32, Sensor DHT22, Drying, Storage, Contrapp

CORRESPONDENCE

E-mail: destayola@it.unand.ac.id

A B S T R A C T

Paddy is the result of rice plants that have been separated from their stalks by threshing. The quality of paddy can be measured from the water content, color, and weight of the paddy so that the drying and storage processes are the main concerns to produce paddy with high selling value. This study aims to develop a system that can assist in the process of drying and storing paddy using ESP32, DHT22 Sensor Android application, and control using fuzzy logic. This system consists of drying mode and storage mode controlled by the Android application. In drying mode the system will assist in the process of drying paddy. Then in storage mode, the system applies fuzzy calculations to control the voltage output to the heater and fan based on the temperature and humidity read by the sensor. The results of sensor readings, storage time, calculations from this fuzzy logic will also be displayed on an Android application called Contrapp.

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa*) adalah salah satu tanaman budidaya terpenting bagi masyarakat Indonesia di mana beras sebagai bahan makanan pokok. Padi yang telah dipanen harus melalui beberapa proses pengolahan sebelum dapat di konsumsi oleh masyarakat. Pengolahan dilakukan terhadap padi akan menghasilkan olahan baru yaitu gabah. Gabah adalah hasil tanaman padi yang telah dipisahkan dari tangkainya dengan cara perontokan. Gabah setelah dipanen secara umum mempunyai kadar air yang cukup tinggi sekitar 21-26%. Namun, berdasarkan aturan dari pemerintah telah ditetapkan bahwa standar kandungan air maksimum yang diijinkan dalam butir gabah dan beras yakni 14% [1].

Kualitas dari gabah dapat diukur dari kadar air, warna, dan berat dari gabah sehingga proses penyimpanan menjadi perhatian utama untuk menghasilkan gabah dengan nilai jual tinggi. Penyimpanan yang kurang baik akan mengakibatkan terjadinya kerusakan ataupun pembusukan pada gabah apabila terlalu lembap. Gabah juga akan mengalami penurunan berat, penurunan kadar air, dan perubahan warna apabila terlalu panas (melebihi

°C) dan disimpan terlalu lama, sehingga akan mengakibatkan mutu gabah turun saat penggilingan [2].

Terdapat dua jurnal penelitian terdahulu yang menjadi acuan pembuatan sistem kontrol suhu dan kelembapan pada gabah ini. Yang pertama sistem menggunakan sensor DHT22, solid state relay (SSR), Node MCU 8266, dan aplikasi Blynk. Akan tetapi, terdapat beberapa kekurangan pada sistem tersebut, seperti belum bisa menjaga suhu optimal secara realtime dan otomatis, masih menggunakan aplikasi Blynk dan bukan aplikasi buatan sendiri, dan belum menggunakan sistem pengontrolan agar dapat mengendalikan suhu dengan lebih akurat [4]. Jurnal kedua digunakan sebagai acuan untuk rancangan sistem, cara pengontrolan, serta aplikasi. Perbedaan dengan sistem yang akan dibuat adalah pada objek penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu tempe, tetapi dengan fungsi yang kurang lebih sama, sistem menggunakan perhitungan PID untuk pengontrolan suhu dan kelembapannya, serta Arduino Mega dan Node MCU sebagai mikrokontrolernya [5].

Berdasarkan pemaparan diatas, maka dibuatlah sebuah penelitian dengan judul “Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu dan

Kelembapan pada Tempat Penyimpanan Gabah Berbasis Android Menggunakan Logika Fuzzy yang diharapkan dapat membantu petani dalam proses penyimpanan gabah agar dapat menghasilkan padi dengan kualitas yang lebih baik pada saat penggilingan.

Gabah

Gabah adalah bulir padi yang telah dipisahkan dari tangkainya (jerami). Ditinjau dari segi ilmiah gabah berasal dari padi termasuk famili Graminae, sub famili Oryzidae, dan genus Oryzae. Dalam perdagangan komoditas, gabah merupakan tahap yang penting dalam pengolahan padi sebelum dikonsumsi karena perdagangan padi dalam partai besar dilakukan dalam bentuk gabah. Hasil tanaman padi yang berupa gabah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu genetik, kondisi abiotik dan biotik. Berdasarkan kadar airnya gabah dibagi menjadi tiga [6].

Tabel 1. Jenis – jenis gabah

Jenis	Kadar Air
Gabah kering panen (GKP)	18 – 26%
Gabah kering simpan (GKS)	14 – 8%
Gabah kering giling (GKG)	14 %

Standarisasi Gabah

Standarisasi gabah diatur oleh pemerintah melalui SNI 6128:2008. Standar ini nantinya akan dipakai sebagai acuan untuk melakukan pengujian kualitas gabah pada sistem yang akan dibuat, terutama untuk menguji kadar air, berat, bau, dan warna pada gabah. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Kadar air

$$\text{kadar air} = \frac{C - A}{Bb - A} \times 100\%$$

Keterangan :

A = berat cawan

B = berat contoh + cawan

Bb = berat basah + cawan

C = berat contoh kering + cawan

Berat

$$\frac{\text{Berat Beras}}{\text{Berat Butir Gabah}} \times 100\%$$

Warna

$$\frac{\text{Berat Butir Kuning}}{\text{Berat Beras}} \times 100\%$$

DHT22

Sensor ini merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan. Cara DHT22 mengukur kelembapan adalah dengan mendeteksi uap air dengan mengukur resistansi listrik antara dua elektroda. Cara DHT22 mengukur suhu adalah dengan menggunakan sensor termistor yang terpasang di permukaan [8]. Sensor DHT22 ini dipilih dibanding dengan DHT11 karena DHT22 memiliki spesifikasi yang lebih baik, sehingga dapat membaca dengan lebih akurat, range yang lebih jauh, dan update data yang lebih cepat.

Wemos D1 R1ESP8266

Board ini dirancang menyerupai arduino uno, namun dari sisi spesifikasi, sebenarnya Wemos D1 jauh lebih unggul, salah satunya dikarenakan inti dari Wemos D1 adalah Esp8266EX yang memiliki prosesor 32 bit dibandingkan dengan Arduino UNO, yang berintikan AVR 8 bit. Sebagaimana board berbasis ESP8266, wemos D1 memiliki spesifikasi 32 bit RISC CPU yang bekerja dalam 80MHz, 64Kb instruksi RAM dan 96Kb data RAM, 4MB memori flash, Wi-Fi, 16 pin GPIO I2C SPI, I2S, 1 ADC. Wemos D1 sudah dilengkapi dengan ic usb to serial CHG340, sehingga kita tidak perlu membeli modul usb to serial secara terpisah [7]

Kipas

Fan atau kipas, adalah alat mekanika yang berfungsi untuk menghasilkan flow atau aliran pada suatu fluida, biasanya berupa gas. Pada dunia industri, fan digunakan untuk menghasilkan flow dari gas atau udara dalam jumlah besar yang digunakan sesuai dengan kebutuhan dari industri tersebut. Fan terdiri dari beberapa bagian yaitu, case, sudu (vane/blade), dan penggerakannya. Vane/blade berputar untuk menghasilkan aliran udara yang diinginkan. Berbeda dengan fungsi dari kompresor yang menghasilkan udara bertekanan dengan flow rendah, fan menghasilkan aliran udara dengan flow tinggi dan tekanan yang rendah [8]. Pada sistem ini kipas berfungsi sebagai penghembus udara dingin dan panas.

Heater

Elemen pemanas adalah sebuah komponen yang biasa digunakan untuk menghantarkan panas baik pada suatu objek maupun pada udara sekitarnya. Pada sistem ini pemanas digunakan untuk memberikan hawa panas yang nantinya akan disebar dengan bantuan kipas sehingga suhu pada kotak penyimpanan gabah dapat diatur tinggi rendahnya [9].

Fuzzy

Logika fuzzy merupakan salah satu pembentuk soft computing. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting [10]

Fuzzy Mamdani

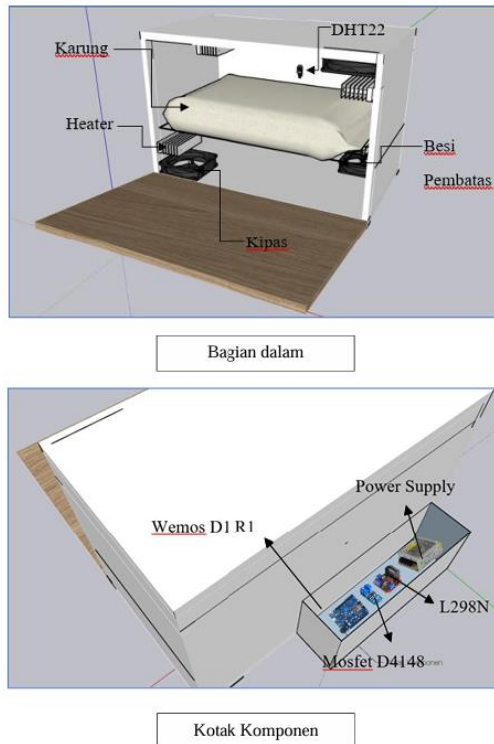
Saat melakukan evaluasi aturan dalam mesin inferensi, metode Mamdani menggunakan fungsi MIN dan komposisi antar-rule menggunakan fungsi MAX untuk menghasilkan himpunan fuzzy baru. Proses defuzzifikasi pada metode Mamdani menggunakan metode Centroid dengan rumus berikut:

$$Z = \frac{\int u(z) \cdot z \, dz}{\int u(z) \, dz}$$

METODE PENELITIAN

Rancangan Umum Sistem

Untuk melihat bagaimana konsep kerja dari suatu sistem maka dibuatlah rancangan umum sistem yang dibangun sesuai kebutuhan fungsional dan non-fungsional dari 19 sistem tersebut. Untuk rancangan umum sistemnya dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini..

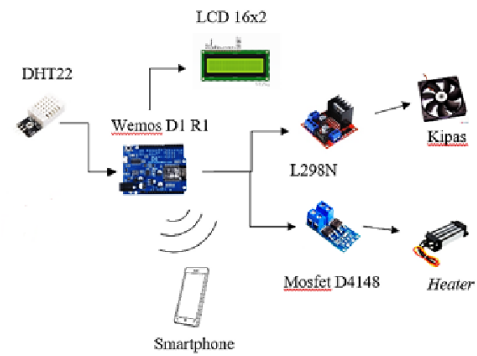


Gambar 1. Rancangan Umum Sistem

Berdasarkan gambar 1 terdapat sebuah sensor DHT22 yang akan digunakan untuk mendeteksi perubahan nilai suhu dan kelembapan dari objek. Nilai inputan dari sensor tersebut akan diproses oleh mikrokontroler Wemos D1 R1 dengan menggunakan logika fuzzy. Nilai output dari hasil perhitungan dengan logika fuzzy 20 akan berupa tegangan listrik yang telah disesuaikan berdasarkan suhu dan kelembapan yang terdeteksi. Nilai tegangan ini nantinya akan mengatur kecepatan dari kipas panas dari heater sehingga suhu dari gabah dapat terkontrol. Selain output berupa pengontrolan suhu, sistem juga dapat menampilkan nilai suhu, kelembapan, serta lama penyimpanan gabah dengan menggunakan LCD dan juga aplikasi Android. Pada sistem juga menggunakan power supply sebagai sumber tegangan, dan L298N serta Mosfet D4148 untuk mengatur tegangan pada kipas dan heater.

Rancangan Perangkat Keras

Di Dalam perancangan perangkat keras pada sistem yang akan dirancang menjelaskan bagaimana rancangan sistem dan komponen yang akan digunakan. Adapun rancangan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan perangkat Keras

Kerja dari masing-masing perangkat diatas sebagai berikut:

1. Sensor DHT22 pada sistem ini akan berfungsi untuk pengukuran suhu dan kelembapan pada objek penelitian. Wemos Lolini32, digunakan untuk membaca data, memproses data serta melakukan klasifikasi terhadap gerakan pengguna.
2. Wemos D1 R1 digunakan sebagai perangkat untuk memproses input yang diterima dan mengeluarkan output sesuai dengan program yang dibuat.
3. LCD digunakan untuk menampilkan hasil dari pemrosesan.
4. Driver Mosfet D4148 digunakan untuk mengatur arus yang akan diberikan ke elemen pemanas.
5. L298N berfungsi sebagai komponen untuk mengatur keluaran PWM dari mikrokontroler sehingga tegangan yang diberikan ke kipas dapat diatur.
6. Smartphone digunakan untuk menampilkan informasi kondisi objek, lama penyimpana, serta output yang akan diberikan pada objek dengan menggunakan aplikasi Android.
7. Kipas berfungsi sebagai komponen pendingin dan penghantar udara panas pada sistem.
8. Elemen pemanas berfungsi untuk menghasilkan hawa panas pada sistem yang nantinya dapat disebarkan dengan bantuan kipas

Rancangan Perangkat Lunak

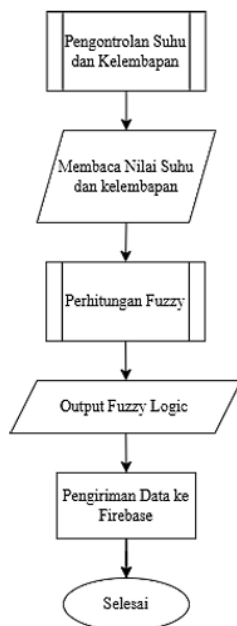
Rancangan perangkat lunak dilakukan dengan melakukan proses pengodingan pada aplikasi Arduino IDE, lalu data yang didapat akan diproses dengan fuzzy inference system (FIS) dengan aplikasi Matlab. Penyimpanan data akan dilakukan pada firebase, dan pembuatan aplikasi Android dilakukan dengan Mit App Inventor yang dapat menampilkan suhu, kelembapan, dan lama penyimpanan.

Rancangan Proses



Gambar 3. Flowchart Rancangan Proses

Gambar 3. merupakan flowchart rancangan proses yang dimulai dengan pembacaan nilai suhu dan kelembapan dengan menggunakan sensor DHT22 hasil inputan akan diterima oleh Wemos D1 R1 dan dilakukan sub proses pengontrolan 23 suhu dan kelembapan pada kotak penyimpanan. Selanjutnya akan disambungkan jaringan antara Mifi dan juga Wemos untuk mengirimkan data ke aplikasi, jika terhubung nilai suhu dan kelembapan akan ditampilkan pada LCD dan aplikasi Android lalu proses selesai, jika tidak proses penyambungan ke MiFi akan diulang kembali.



Gambar 4. Flowchart Pengontrolan Suhu dan Kelembapan

Gambar 4. merupakan flowchart pengontrolan suhu dan kelembapan dimana proses pertama adalah membaca nilai suhu dan kelembapan sebagai inputan yang didapatkan dari sensor DHT22, dan setelahnya melakukan sub proses perhitungan fuzzy, lalu setelah output fuzzy didapatkan yang nantinya berupa tegangan untuk mengendalikan kipas dan juga heater, hasil nantinya akan dikirimkan ke firebase dan proses selesai.

Rancangan Logika Fuzzy

Untuk melakukan pengontrolan suhu dan kelembapan dengan menggunakan logika fuzzy dibutuhkan beberapa langkah-langkah seperti menentukan variable, menentukan himpunan fuzzy, fuzzifikasi, menentukan aturan/rule fuzzy dan yang terakhir yaitu defuzzifikasi. Logika fuzzy dibutuhkan untuk mengatur suhu dan kelembapan pada objek penelitian sehingga didapatkan output berupa tegangan yang dapat mengatur kecepatan kipas menjadi cepat, lambat, atau sedang, dan heater menjadi panas, menengah, atau mati. Gambaran rancangan logika fuzzy yang akan ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Flowchart Proses Fuzzy

Variabel Fuzzy

Langkah pertama untuk melakukan perancangan fuzzy adalah dengan menentukan variabel. Variable yang digunakan pada penelitian ini adalah seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Variabel Fuzzy

Input	Suhu
	Kelembapan
Output	Kipas lambat, sedang, atau cepat.
	Heater Off, atau On.

Rancangan Keanggotaan Fuzzy

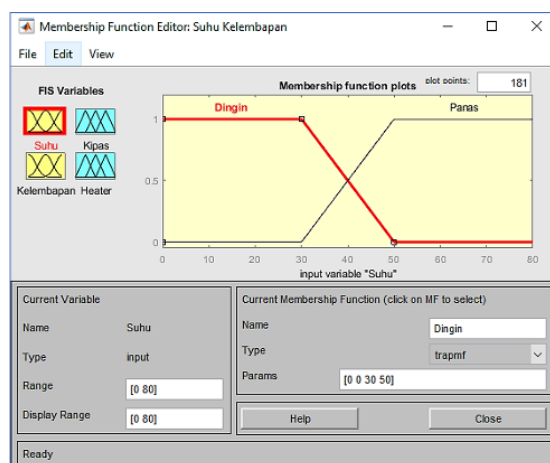
Keanggotaan yang ada pada penelitian ini terdiri dari keanggotaan suhu dan kelembapan dengan beberapa kondisi

seperti yang akan dijabarkan pada variabel-variabel yang telah ditentukan.

Suhu memiliki tiga kondisi yang terdiri dari dingin, standar, dan panas dengan range yang akan ditunjukkan pada tabel 2 dan grafik yang akan ditunjukkan pada gambar 6.

Tabel 2. Keanggotaan Fuzzy Variabel Suhu

Kondisi	Range
Rendah	30 – 40°C
Tinggi	40 – 50°C

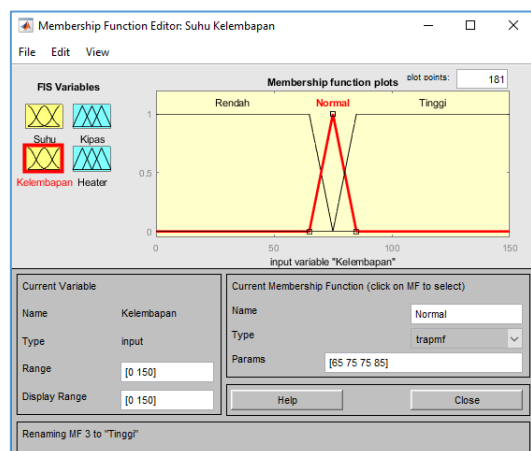


Gambar 6. Grafik Keanggotaan Fuzzy Variabel Suhu

Kelembapan juga terdiri dari tiga kondisi yaitu rendah, normal, dan tinggi seperti yang akan ditunjukkan pada tabel 3 dan gambar 7.

Tabel 3. Keanggotaan Fuzzy Variabel Suhu

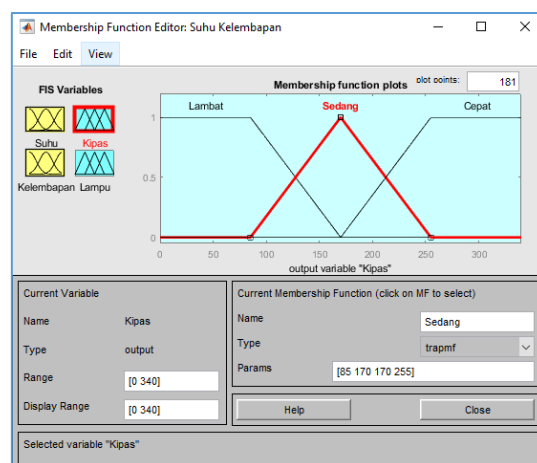
Kondisi	Range
Rendah	< 65% RH
Normal	75% RH
Tinggi	> 85% RH



Gambar 7. Grafik Keanggotaan Fuzzy Variabel Kelembapan Kipas memiliki 3 kondisi yang berbeda juga yaitu lambat, sedang, cepat seperti yang ditunjukkan pada tabel 4 dan gambar 8.

Tabel 4. Keanggotaan Fuzzy Variabel Kipas

Kondisi	Range
Lambat	85 PWM
Sedang	170 PWM
Cepat	255 PWM

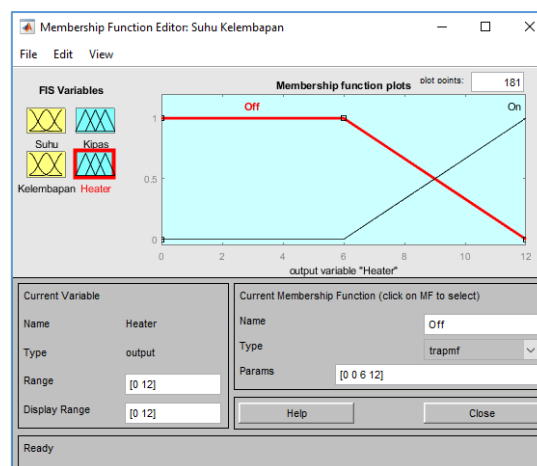


Gambar 8. Grafik Keanggotaan Fuzzy Variabel Kipas

Heater memiliki 2 kondisi yaitu on dan off, seperti yang ditunjukkan pada tabel 5 dan gambar 9.

Tabel 5. Keanggotaan Fuzzy Variabel Heater

Kondisi	Range
Off	0 - 6V
On	6 - 12V



Gambar 9. Grafik Keanggotaan Fuzzy Variabel Heater

Rules Fuzzy

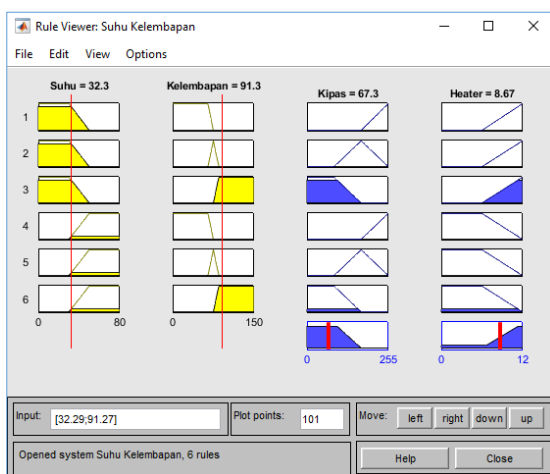
Rules adalah aturan yang dibuat untuk mengatur kondisi yang ingin diberikan sebagai output, rules yang digunakan untuk mengatur kecepatan kipas dan panas heater pada penelitian ini adalah:

- [1] Jika suhu dingin dan kelembapan rendah maka heater on dan kipas menyala cepat.
- [2] Jika suhu dingin dan kelembapan normal maka heater on dan kipas menyala sedang.

- [3] Jika suhu dingin dan kelembapan tinggi maka *heater on* dan kipas menyala lambat.
- [4] Jika suhu panas dan kelembapan rendah maka *heater off* dan kipas menyala cepat.
- [5] Jika suhu panas dan kelembapan normal maka *heater off* dan kipas menyala sedang.
- [6] Jika suhu panas dan kelembapan tinggi maka *heater off* dan kipas menyala lambat.

Defuzzifikasi

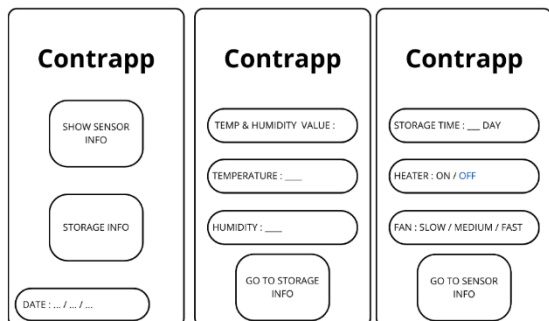
Langkah terakhir pada perhitungan dengan logika fuzzy adalah melakukan defuzzifikasi yaitu mengubah semua hasil dari perhitungan dalam bentuk fuzzy menjadi bilangan real berupa nilai tegangan sebagai outputnya. Contoh hasil defuzzifikasi akan ditampilkan seperti pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Defuzzifikasi

Rancangan Antarmuka dan Komunikasi

Rancangan ini nantinya akan menjadi tampilan dari Aplikasi berbasis Android OS yang akan dibuat dengan menggunakan MIT App Inventor pada *smartphone*. Informasi yang akan dimonitoring yaitu berupa suhu, kelembapan, dan lama penyimpanan. seperti yang akan ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Rancangan Antarmuka

Pada user interface, digambar pertama (kiri) merupakan tampilan home dari aplikasi yang akan menampilkan opsi untuk melihat informasi dari sensor atau informasi kondisi kotak penyimpanan serta tanggal pada hari tersebut. Lalu pada gambar ke dua (tengah) merupakan tampilan jika menekan opsi show sensor info, pada bagian ini akan ditampilkan nilai suhu dan kelembapan

yang dideteksi oleh sensor. Lalu pada gambar terakhir (kanan) merupakan tampilan jika menekan opsi storage info, pada bagian ini akan ditampilkan keadaan realtime yang dari kotak seperti lama penyimpanan, Panas heater apakah mati, hangat, atau panas, serta kondisi kipas apakah lambat, sedang atau, cepat. Pada interface informasi juga dapat langsung menuju ke bagian informasi lainnya seperti dari sensor ke storage atau sebaliknya tanpa harus kembali ke menu home.

Pada sistem ini komunikasi dilakukan dengan Wemos D1 R1 yang akan mengirim data ke aplikasi Android seperti yang ditunjukkan pada gambar 12 dibawah ini.



Gambar 12. Komunikasi Sistem

Pada gambar 12 ditampilkan bahwa proses komunikasi akan dimulai dari mikrokontroler Wemos D1 R1, lalu pengiriman informasi akan diperantarai oleh firebase sebagai tempat penyimpanan data yang selanjutnya akan diambil dan ditampilkan oleh aplikasi Android.

HASIL DAN ANALISA

Implementasi Sistem

Implementasi merupakan gabungan dari implementasi perangkat keras dan perangkat lunak agar menjadi sebuah sistem yang dapat bekerja sebagaimana yang diinginkan pada rancangan sistem. Gambar implementasi sistem secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Implementasi Sistem

Sistem ini terdiri dari dua mode, yang pertama adalah mode pengeringan (drying) dan mode penyimpanan (storage). Pada mode drying sistem memberikan output PWM maksimal pada heater dan kipas sehingga menghasilkan udara panas yang cukup untuk membantu dalam proses pengeringan gabah. Ketika mode drying, sistem juga dapat otomatis melakukan perpindahan ke mode storage ketika sensor membaca bahwa kelembapan udara telah mencapai kurang dari 30%, hasil bacaan sensor juga ini nantinya ditampilkan pada serial monitor dan aplikasi Android.

Lalu pada mode kedua yaitu mode sistem storage, menerapkan perhitungan dengan logika fuzzy untuk mengendalikan keluaran tegangan ke heater dan kipas berdasarkan suhu dan kelembapan yang dibaca oleh sensor. Pada mode storage ini, sistem dapat memutuskan tegangan ke heater ketika suhu tinggi dan kelembapan rendah sehingga proses pemanasan berhenti dan nantinya hanya kipas yang hidup. Hasil perhitungan dari logika fuzzy ini nantinya

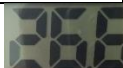
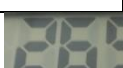
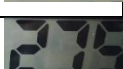
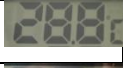
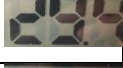
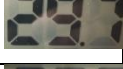
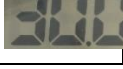
juga ditampilkan pada aplikasi Android dalam bentuk kecepatan kipas (cepat, sedang atau lambat), dan kondisi heater (on atau off), serta lama penyimpanan ketika mode ini dijalankan.

Pengujian dan Analisa Perangkat Keras

DHT22

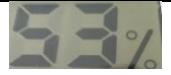
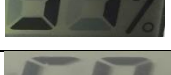
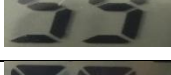
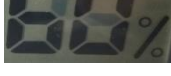
Pengujian yang dilakukan terhadap sensor DHT22 ini dilakukan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan di dalam kotak penyimpanan. Pengujian ini dilakukan untuk menguji kemampuan dari sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan di kandang kambing dengan alat ukur yaitu hygrometer atau thermometer digital. Pengujian suhu dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian DHT22 dengan Termometer

Data ke	Sensor DHT22	Tampilan Termometer	Termometer (°C)	Selisih	Persentase Error (%)
1	26.3		26.1	0.2	0.77
2	26.5		26.6	0.1	0.38
3	27.2		26.9	0.3	1.12
4	27.9		27.5	0.4	1.46
5	28.6		27.8	0.8	2.88
6	28.5		28.3	0.2	0.71
7	28.7		28.8	0.1	0.35
8	29.1		29.4	0.3	1.02
9	29.2		29.7	0.5	1.68
10	30.7		30.0	0.7	2.33
Jumlah				36	12.70
Rata Rata Selisih Pengukuran				0.36	
Rata Rata Error				1,27	

Dari 10 percobaan yang dilakukan untuk mengukur suhu, didapatkan hasil rata-rata selisih pengukuran sebesar 0.36 dan rata-rata error yaitu sebesar 1.27%. persentase error dan selisih yang didapatkan pada pengujian ini dikarenakan pada karakteristik sensor DHT22 yaitu dapat mendeteksi suhu dengan rentang -40°C sampai dengan +80°C dengan tingkat akurasi yang dihasilkan yaitu 98.73% yang didapat dengan mencari selisih rata-rata error dari 100%

Tabel 7. Pengujian Kelembapan DHT22 dengan Hygrometer

Data ke	Sensor DHT22	Tampilan Hygrometer (%)	Hygrometer (%)	Selisih	Persentase Error (%)
1	43		44	1	0.23
2	50		52	2	3.83
3	53		53	0	0
4	53		54	1	1.85
5	54		55	1	1.82
6	54		56	2	3.57
7	57		57	0	0
8	58		59	1	1.69
9	64		60	4	6.67
10	64		67	3	4.48
Jumlah				15	24,14
Rata Rata Selisih Pengukuran				1,5	
Rata Rata Error				2,414	

Berdasarkan tabel 7 Dari 10 percobaan yang dilakukan untuk mengukur kelembapan dengan menggunakan sensor DHT22 dan hygrometer maka didapatkan hasil rata-rata selisih 1.5 dengan tingkat error yaitu sebesar 2.41%. persentase error dan selisih yang didapatkan pada pengujian ini disebabkan pada karakteristik sensor DHT22 yaitu dapat mendeteksi kelembapan dengan rentang 0 sampai 100% dengan tingkat akurasi 97.59% yang didapat dengan mencari selisih error dari 100%. Sensor DHT22 memiliki akurasi yang lebih baik dalam pengukuran kelembapan.

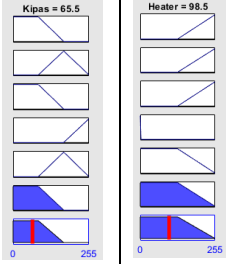
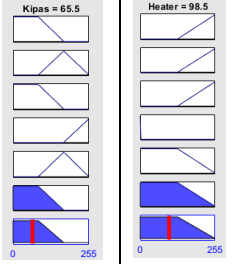
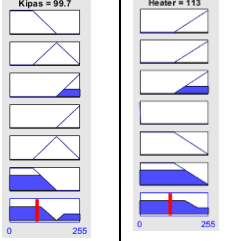
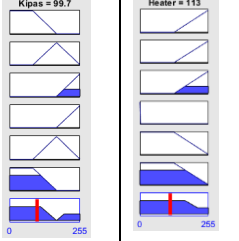
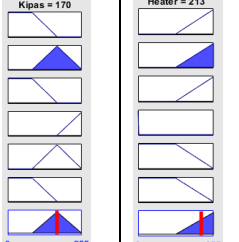
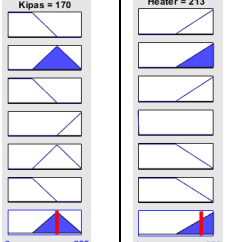
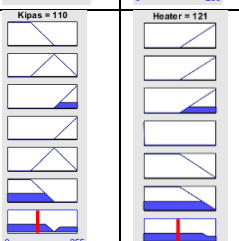
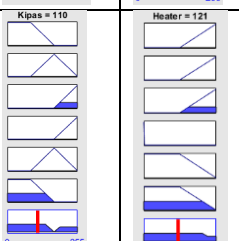
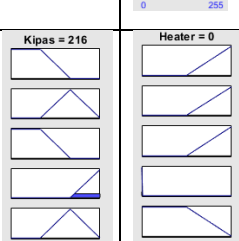
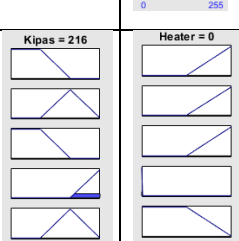
Pengujian Perangkat Lunak

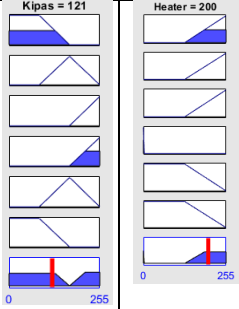
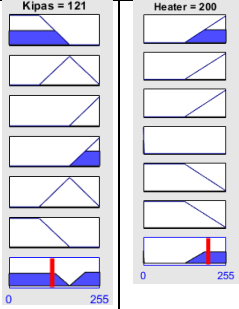
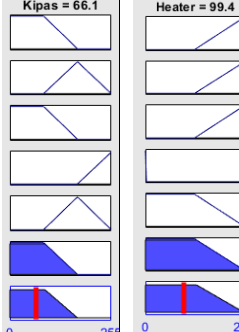
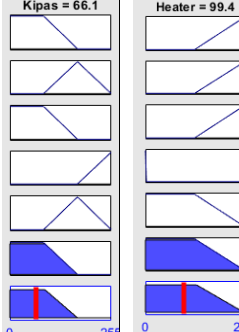
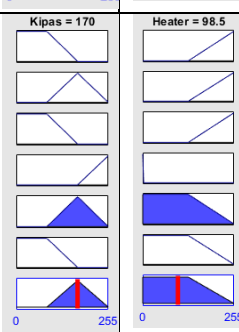
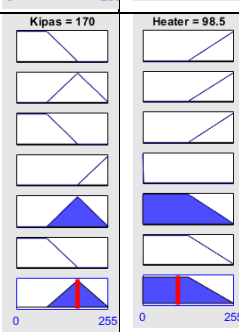
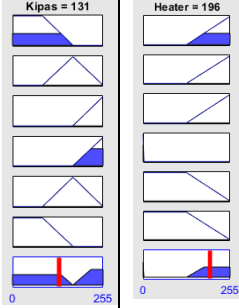
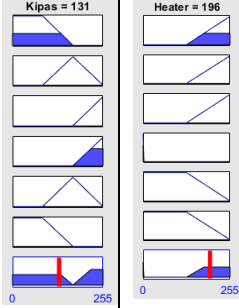
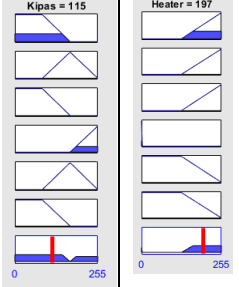
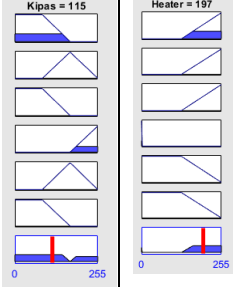
Pengujian dan Analisa Program dan Logika Fuzzy

Pengujian logika fuzzy dilakukan dengan cara membandingkan keluaran logika fuzzy dengan hasil keluaran yang telah di proses di mikrokontroler dengan keluaran fuzzy dengan menggunakan fuzzy logic toolbox. Pengujian dilakukan dengan menggunakan data suhu, kelembapan lingkungan di kandang kambing. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dengan penerapan metode fuzzy ini menghasilkan output yang sesuai

dengan sistem yang telah dirancang. Hasil yang didapat pada sistem akan menjadi data pembandingan dengan hasil simulasi. Pengujian logika fuzzy dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengujian Logika Fuzzy

Data Ke	Input Sensor		Output Sensor		Defuzzifikasi Matlab	
	Suhu	Kelembapan	Kipas	Heater	Kipas	Heater
1	40°C	75%	65.5	98.5		
2	26.8°C	69.2%	99.6	113		
3	16°C	48%	170	213		
4	27.6°C	61.9%	109	121		
5	47°C	38.6%	216	0		

6	25.2°C	31.3%	121	200		
7	38.4°C	64.8%	66	99.3		
8	33.8°C	51.7%	170	98.5		
9	26°C	32.8%	130.7	196		
10	22.1°C	37.1%	115	197		

Pada tabel 8 di atas terdapat perbandingan antara defuzzifikasi sistem dan defuzzifikasi pada bagian matlab. Pada keluaran dari defuzzifikasi menghasilkan output pwm pada kipas dalam tiga kondisi yaitu pelan, sedang dan cepat dan pada lampu mempunyai tiga kondisi yaitu on, off, dan cut. Keluaran yang dikeluarkan sesuai dengan rule yang sudah dirancang. Berikut rule yang sudah dirancang yaitu:

- [1] Jika suhu dingin dan kelembapan rendah maka *heater on* dan kipas menyala lambat.

- [2] Jika suhu dingin dan kelembapan normal maka *heater on* dan kipas menyala sedang.
- [3] Jika suhu dingin dan kelembapan tinggi maka *heater on* dan kipas menyala cepat.
- [4] Jika suhu panas dan kelembapan rendah maka *heater cut* dan kipas menyala cepat.
- [5] Jika suhu panas dan kelembapan normal maka *heater off* dan kipas menyala sedang.
- [6] Jika suhu panas dan kelembapan tinggi maka *heater off* dan kipas menyala lambat.

Dari tabel 8 maka akan didapatkan hasil bahwa :

1. Pada percobaan pertama didapat nilai suhu 40°C dan kelembapan 75%. Berdasarkan rules yang telah dibuat, maka data ini sesuai dengan rule nomor 6 yaitu jika suhu panas dan kelembapan tinggi maka *heater off* dan kipas menyala lambat.
2. Pada percobaan kedua didapat nilai suhu 26.8°C dan kelembapan 69.2%. Berdasarkan rules yang telah dibuat, maka data ini sesuai dengan rule nomor 3 yaitu jika suhu dingin dan kelembapan tinggi maka *heater on* dan kipas menyala cepat.
3. Pada percobaan ketiga didapat nilai suhu 16°C dan kelembapan 48%. Berdasarkan rules yang telah dibuat, maka data ini sesuai dengan rule nomor 2 yaitu jika suhu dingin dan kelembapan normal maka *heater on* dan kipas menyala sedang.
4. Pada percobaan keempat didapat nilai suhu 27.6°C dan kelembapan 61.9%. Berdasarkan rules yang telah dibuat, maka data ini sesuai dengan rule nomor 3 yaitu jika suhu dingin dan kelembapan tinggi maka *heater on* dan kipas menyala cepat.
5. Pada percobaan kelima didapat nilai suhu 47°C dan kelembapan 38.6%. Berdasarkan rules yang telah dibuat, maka data ini sesuai dengan rule nomor 4 yaitu jika suhu panas dan kelembapan rendah maka *heater cut* dan kipas menyala cepat. Sehingga keluaran pada heater adalah 0.
6. Pada percobaan keenam didapat nilai suhu 25.2°C dan kelembapan 31.3%. Berdasarkan rules yang telah dibuat, maka data ini sesuai dengan rule nomor 1 yaitu jika suhu dingin dan kelembapan rendah maka *heater on* dan kipas menyala lambat.
7. Pada percobaan ketujuh didapat nilai suhu 38.4°C dan kelembapan 64.8%. Berdasarkan rules yang telah dibuat, maka data ini sesuai dengan rule

nomor 6 yaitu jika suhu panas dan kelembapan tinggi maka *heater off* dan kipas menyala lambat.

8. Pada percobaan kedelapan didapat nilai suhu 33.8°C dan kelembapan 51.7%. Berdasarkan rules yang telah dibuat, maka data ini sesuai dengan rule nomor 5 yaitu jika suhu panas dan kelembapan normal maka *heater off* dan kipas menyala sedang.
9. Pada percobaan kesembilan didapat nilai suhu 26° dan kelembapan 32.8%. Berdasarkan rules yang telah dibuat, maka data ini sesuai dengan rule nomor 1 yaitu jika suhu dingin dan kelembapan rendah maka *heater on* dan kipas menyala lambat.
10. Pada percobaan kesepuluh didapat nilai suhu 22.1°C dan kelembapan 37.1%. Berdasarkan rules yang telah dibuat, maka data ini sesuai dengan rule nomor 1 yaitu jika suhu dingin dan kelembapan rendah maka *heater on* dan kipas menyala lambat.

Berdasarkan penjabaran hasil percobaan perbandingan logika fuzzy diatas maka didapatkan hasil bahwa perhitungan fuzzy yang dilakukan di Matlab dan juga pada ESP32 memberikan hasil yang cukup akurat mengikuti variabel dan rules yang telah diberikan. Selisih output sistem dan matlab dapat dilihat pada tabel 9

Data ke	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Output Sistem		Output Matlab		Selisih PWM	Persentase Error (%)
			Kipas (PWM)	Heater (PWM)	Kipas (PWM)	Heater (PWM)		
1	40	75	65.5	98.5	65.5	98.5	0	0
2	26.8	69.2	99.6	113	99.7	113	0.1	0.10
3	26	48	170	213	170	213	0	0
4	27.6	61.9	110	122	110	121	1	0.83
5	47	38.6	216	0	216	0	0	0
6	25.2	31.3	121	200	121	200	0	0
7	38.4	64.8	66	99.3	66.1	99.3	0.1	0.15
8	33.8	51.7	170	98.5	170	98.5	0	0
9	26	32.8	130.7	196	131	96	0.3	0.23
10	22.1	37.1	115	197	115	197	0	0
Jumlah							0.5	1.31
Rata-rata selisih							0.05	
Rata-rata error							0,131	

Data ke	Sensor DHT22		Kondisi Output Fuzzy			
	Suhu	Kelembapan	Kipas	PWM Kipas	Heater	PWM Heater
1	29.1	50.2	Sedang	170	Off	101
2	34.6	43	Sedang	170	Off	109
3	27.6	42.5	Sedang	170	Off	124
4	37.7	73.5	Lambat	65.5	Off	98.5
5	28.1	79.4	Sedang	99.7	Off	133
6	29.1	37.1	Sedang	163	On	182
7	26.5	63	Cepat	200	On	200
8	31.5	35.7	Cepat	200	Cut	0
9	40.8	35.7	Cepat	200	Cut	0
10	34.6	64.8	Lambat	66.1	Off	99.4

Tabel 9. Selisih Output Sietm dan Matlab

Tabel 9. diatas merupakan hasil perbandingan perhitungan fuzzy yang dilakukan pada aplikasi Matlab dan yang dilakukan menggunakan ESP32. Dari 10 percobaan diatas didapatkan hasil bahwa terdapat 4 percobaan yang memberikan hasil yang cukup berbeda yaitu pada percobaan kedua, keempat, ketujuh, dan kesembilan. Dari perhitungan diketahui bahwa hasil rata-rata selisih 1.5 dengan tingkat error yaitu sebesar 0,131% dan tingkat akurasi perhitungan sistem yaitu 99.87% yang didapat dengan mencari selisih error dari 100%. Perbedaan ini dapat terjadi karena aplikasi Matlab yang cenderung melakukan pembulatan pada bilangan berkoma. Proses perhitungan fuzzy ini dibuat dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani sehingga dapat mengontrol jumlah variabel, nilai pada tiap variabel, dan rules dengan lebih fleksibel.

Pengujian dan Analisis Penerimaan Data Aplikasi Android

Pengujian penerimaan data dari firebase dilakukan sebanyak 10 kali. Tabel 10.merupakan tabel hasil pengujian penerimaan data dari firebase ke aplikasi android yang telah dirancang.

Tabel 10 Penerimaan Data Aplikasi Android

Percobaan ke	Data pada Serial Monitor		Data Pada Aplikasi		Waktu pada Serial Monitor	Waktu pada Aplikasi	Selisih waktu (detik)
	Suhu dan kelembapan		Suhu dan kelembapan				
1	30.1	78.4	30.1	78.4	15:40:12.13	15:40:12:37	0.25
2	30.8	77.1	30.8	77.1	15:43:52:16	15:43:52:58	0.42
3	31.3	76.1	31.3	76.1	15:43:34:21	15:43:34:38	0.17
4	31.3	76.1	31.3	76.1	15:44:11:23	15:44:11:55	0.32
5	32.1	73.3	32.1	73.3	15:44:51:49	15:44:53:01	2.12
6	32.9	72.4	32.9	72.4	15:45:37:27	15:45:37:46	0.19
7	33.7	70.5	33.7	70.5		15:46:13:35	0.23
8	34.1	69.6	34.1	69.6	15:46:55:19	15:46:56:42	1.23
9	34.5	68.4	34.5	68.4	15:47:35:04	15:47:35:31	0.27
10	35.1	67.1	35.1	67	15:47:17:07	15:47:17:28	0.21

Pada Tabel 10 yaitu pengujian penerimaan data yang dilakukan sebanyak 10 kali, dapat dilihat dari data 1-10 penerimaan data tercepat terjadi pada data ke 3 yaitu jumlah selisih yang terjadi sebesar 0.17 detik dan data terlama yang terjadi pada saat penerimaan data terjadi pada data ke 5 yaitu sebesar 2.12 detik.

Pengujian Fungsional Sistem

Pengujian dan analisa sistem pada sistem ini bertujuan untuk menguji apakah sistem dapat membaca suhu dan kelembapan dan mengontrol suhu dan kelembapan di kotak penyimpanan menggunakan metode fuzzy, serta Pengujian dalam memberikan informasi suhu, dan kelembapan pada aplikasi android.

Pengujian Kontrol Suhu Kelembapan Menggunakan Metode Fuzzy

Pengujian untuk membaca suhu kelembapan dan kontrol suhu kelembapan menggunakan metode fuzzy dilakukan 10 kali percobaan. Pada pengujian ini maka dapat dilihat keadaan suhu dan kelembapan serta output dari perhitungan fuzzy apakah kipasnya dalam keadaan pelan, sedang atau cepat dan melihat kondisi dari heater apakah keadaan lampu dalam keadaan on/off. Pengujian dalam membaca suhu kelembapan dan kontrol suhu kelembapan menggunakan metode fuzzy dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11.Pengujian Kontrol Suhu dan Kelembapan menggunakan Metode Fuzzy

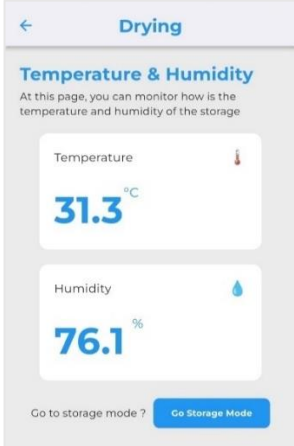
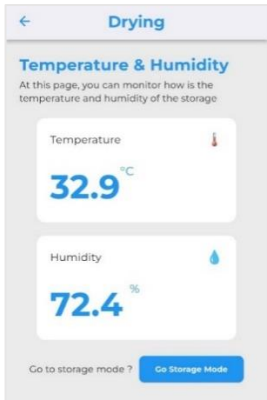
Tabel 11 merupakan hasil pengujian pengontrolan suhu dan kelembapan dengan menggunakan fuzzy Mamdani sebanyak 10

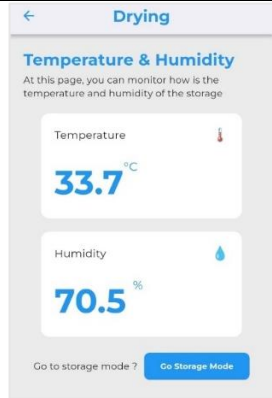
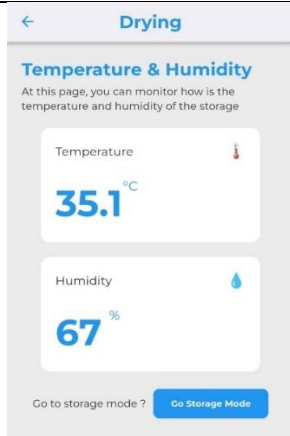
kali percobaan. Terdapat 2 kondisi pada heater yaitu *off* (1-127.5) dan *on* (127.6-255), sedangkan pada kipas terdapat 3 kondisi yaitu lambat (0-85), sedang (86-170) dan cepat (171-255). Berdasarkan percobaan ini dapat dilihat bahwa pengaturan suhu dan kelembapan yang dilakukan oleh sistem dapat bekerja dengan baik tergantung dengan suhu dan kelembapan lingkungan yang berhasil terbaca oleh sensor.

Pengujian Mode Drying dan Storage

Pengujian dalam memberikan informasi ketika mode *drying* dan mode *storage* pada aplikasi android dilakukan sebanyak 5 kali percobaan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 12.

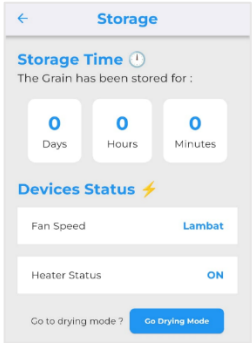
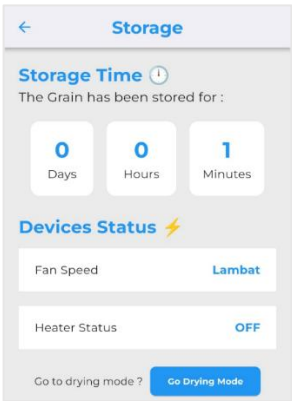
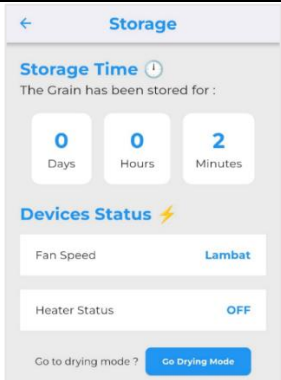
Tabel 12. Pengujian Tampilan Mode Drying

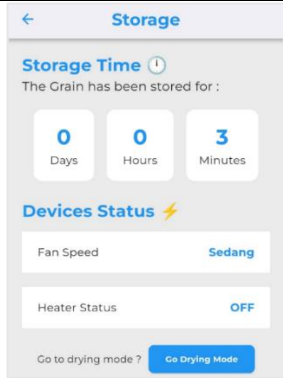
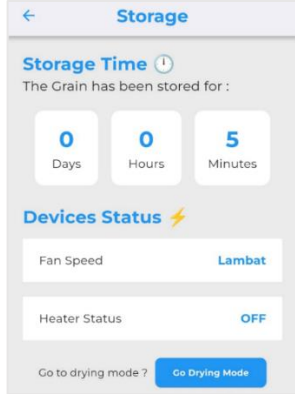
Data ke	Tampilan Aplikasi	Keterangan
1		Suhu : 31.3 °C Kelembapan : 76.1%
2		Suhu : 32.9 °C Kelembapan : 72.4%

3		Suhu : 33.7 °C Kelembapan : 70.5%
4		Suhu : 35.1 °C Kelembapan : 67%
5		Suhu : 36.4 °C Kelembapan : 64%

Pada tabel 12 dapat dilihat bahwa pengujian dalam memberikan informasi terkait suhu dan kelembapan pada aplikasi android telah berhasil dilakukan, informasi tersebut dapat membantu petani untuk mengetahui apakah proses pengeringan gabah telah berjalan dengan baik.

Tabel 13. Pengujian Tampilan Mode Storage

Data ke	Tampilan Aplikasi	Keterangan
1		Lama penyimpanan : 0 menit Kondisi kipas : lambat Kondisi <i>Heater</i> : <i>on</i>
2		Lama penyimpanan : 1 menit Kondisi kipas : lambat Kondisi <i>Heater</i> : <i>off</i>
3		Lama penyimpanan : 2 menit Kondisi kipas : lambat Kondisi <i>Heater</i> : <i>off</i>

4		Lama penyimpanan : 3 menit Kondisi kipas : sedang Kondisi <i>Heater</i> : <i>off</i>
5		Lama penyimpanan : 5 menit Kondisi kipas : lambat Kondisi <i>Heater</i> : <i>off</i>

Berdasarkan tabel 13, 8 dapat dilihat bahwa pengujian dalam memberikan informasi terkait lama penyimpanan serta kondisi kipas dan *heater* pada aplikasi android telah berhasil dilakukan, informasi tersebut dapat membantu petani untuk mengetahui berapa lama gabah sudah tersimpan dan bagaimana kondisi kotak penyimpanan.

Pengujian Hasil Penyimpanan dengan dan Tanpa Sistem

Menguji hasil pengeringan dan penyimpanan dari kotak dengan membandingkan kadar air, berat dari gabah, serta total lama penyimpanan sebanyak 5 percobaan. Untuk perhitungan pembanding antara dengan menggunakan alat dan tidak menggunakan alat dapat diketahui dengan rumus

Tabel 14. Perbandingan Hasil Pengujian

Data ke	Kadar Air		Selisih	Berat Beras		selisih
	Tanpa alat	Dengan alat		Tanpa alat	Dengan alat	
1	15.11 %	14.54 %	0.57 %	62.7 %	67.1 %	4.4 %
2	14.67 %	14.01 %	0.66 %	64.2 %	66.8 %	2.6 %
3	14.46 %	14.19 %	0.27 %	61.9 %	65.4 %	3.5 %
4	14.47 %	14.12 %	0.35 %	63.3 %	64.9 %	1.6 %
5	14.77 %	14.33 %	0.44 %	64.1 %	67.8 %	3.7 %

Pada tabel 14 dapat dilihat hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem sudah dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan yakni memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tidak menerapkan sistem pada objek penelitian. Sistem dapat membantu dalam membuat kadar air pada gabah menjadi lebih rendah dibandingkan dengan cara konvensional. Sistem juga mampu untuk mempersingkat waktu pengeringan yang dibutuhkan. Dan terakhir sistem mampu untuk menjaga kualitas gabah sehingga dapat juga meningkatkan jumlah produksi walaupun belum signifikan.

KESIMPULAN

Sistem dapat mendeteksi suhu dan kelembapan pada kotak penyimpanan gabah dengan menggunakan sensor DHT22 dengan rata-rata error sebesar 1,27 pada suhu dan 2,414 pada kelembapan. Sistem dapat mengontrol suhu dan kelembapan gabah dengan menggunakan logika fuzzy metode mamdani sebagai logika kontrolnya dengan tingkat keberhasilan 99% atau nilai error 1%. Sistem dapat mengendalikan serta memberikan informasi mengenai kondisi tempat penyimpanan gabah dengan menggunakan aplikasi Android yang diberi nama Contrapp. Sistem dapat melakukan pemerataan penyebaran suhu hingga mencapai kondisi ideal untuk gabah dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan adalah 21 jam.

REFERENSI

- [1] Sutiawan, T. H, Yunitaningrum, Wiwik, dan Purnomo, Edi. C. 2020. "Keterampilan Teknik Dasar Pukulan Pada Proses Pembelajaran Bulu Tangkis". *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa*, Vol. 4, No. 8
- [2] Phomsoupha M, Laffaye G. 2015. "The science of badminton: game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics". *Sports Med*. Vol. 45, No. 4 : 473-95
- [3] Artha, Onny Octaviani. "Sistem Peringatan Dini Bencana Longsor Menggunakan Sensor Accelerometer dan Sensor Kelembapan Tanah Berbasis Android". *Journal of*

Information Technology and Computer Engineering. Vol 2 No 02 (2018)

- [4] TDK Electronic. 2013. "MPU-6050 Datasheet"
- [5] Hersyah, Mohammad Hafiz. "Identifikasi Penyakit Diabetes Mellius Melalui Nafas Berbasis Sensor Gas Dengan Metode Fast Fourier Transform Dan Backpropagation". *Journal of Information Technology and Computer Engineering*. Vol 2 No.2 (2018).
- [7] Sodhi, Pinky and Awasthi, Naman and Sharma, Vishal. 2019. "Introduction to Machine Learning and Its Basic Application in Python ". *Proceedings of 10th International Conference on Digital Strategies for Organizational Success*
- [8] Grau, M. M. 2021. "TinyML: From Basic to Advanced Applications." Skripsi S-2, unpublished. Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB) Universitat Politècnica de Catalunya.



BIOGRAFI PENULIS

Haritsah Yudha Pratama

Lahir pada 16 januari 2001 di Padang, Sumatera barat. Sekarang sedang menjalani pendidikan kuliah di Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas.