

## IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY DALAM MENENTUKAN LAMA WAKTU PENYIMPANAN PISANG CAVENDISH BERDASARKAN SUHU DAN KADAR GAS ETILEN BERBASIS ARDUINO

<sup>[1]</sup>Akmal Firdaus, <sup>[2]</sup>Dwi Marisa Midyanti, <sup>[3]</sup>Irma Nirmala

<sup>[1][2][3]</sup>Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak

Telp./Fax : (0561) 577963

e-mail: <sup>[1]</sup>akmalfirdaus0504@gmail.com, <sup>[2]</sup>dwi.marisa@siskom.untan.ac.id,

<sup>[3]</sup>irma.nirmala@siskom.untan.ac.id

### Abstrak

*Pisang Cavendish termasuk jenis buah klimakterik yang memiliki tingkat respirasi dan produksi etilen yang tinggi saat disimpan. Hal ini dapat mengurangi daya tahan pisang dan kualitasnya akan menurun dengan cepat. Oleh karena itu, sebuah sistem telah dirancang untuk menentukan batas waktu penyimpanan pisang Cavendish berdasarkan suhu dan kadar gas etilen, dengan menggunakan metode logika fuzzy. Sistem ini berbasis Arduino Uno dan menggunakan sensor suhu dan sensor gas sebagai alat input untuk menentukan batas waktu penyimpanan pisang. Data diinputkan melalui dua jenis sensor, yaitu sensor suhu DHT22 dan sensor gas MQ-3 yang dapat mendeteksi suhu dan kadar gas etilen. Terdapat lima hasil keputusan untuk batas waktu penyimpanan pisang, yaitu sangat lama (336 jam), lama (264 jam), sedang (192 jam), cepat (120 jam), dan sangat cepat (48 jam). Penelitian ini berhasil mencapai akurasi sistem sebesar 90% dari 30 kali pengujian data.*

**Kata kunci:** Pisang Cavendish, Arduino Uno, DHT22, MQ-3, Logika Fuzzy

### 1. PENDAHULUAN

Pisang jenis Cavendish memiliki rasa manis dengan sedikit keasaman dan daging buah berwarna putih kekuningan. Kulit buahnya berwarna kuning cerah dan sedikit tebal, yang membuatnya menarik bagi beberapa orang karena kulit buahnya yang halus dan bersih. Selain itu, pisang Cavendish mengandung banyak nutrisi seperti riboflavin, mangan, niasin, serat, protein, zat besi, kalium, folat, asam fathothanik, magnesium, serta kaya akan vitamin A, B6, dan C.

Buah pisang Cavendish merupakan jenis buah klimakterik yang mengalami peningkatan laju respirasi selama proses pematangan, kulit buah cenderung cepat mengalami kerusakan seperti terdapat bintik-bintik coklat kehitaman selama penyimpanan [1]. Proses respirasi dan produksi gas etilen pada buah pisang Cavendish masih berlanjut setelah dipanen, menyebabkan terjadinya fase pelayuan yang lebih cepat. Hal ini mengakibatkan penurunan kesegaran dan membatasi umur simpan produk [2]. Etilen

adalah senyawa hidrokarbon tidak jenuh ( $C_2H_4$ ) yang ditemukan dalam fase gas pada tumbuhan, yang sering disebut sebagai gas etilen. Gas etilen tidak berwarna dan mudah menguap pada suhu kamar [3]. Etilen dihasilkan oleh pisang saat dalam fase praklimakterik dan konsentrasinya meningkat saat mencapai puncak klimakterik. Produksi gas etilen dapat dipengaruhi oleh suhu lingkungan di mana pisang disimpan. Jika suhu terlalu rendah atau terlalu tinggi, maka akan mempengaruhi tingkat produksi gas etilen pada pisang dan mempercepat proses kematangan buah tersebut.

Menjaga suhu yang sesuai saat menyimpan pisang Cavendish memiliki pentingnya yang besar karena berdampak pada lamanya waktu penyimpanan buah tersebut. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengkaji pengaruh suhu terhadap kecepatan produksi gas etilen pada pisang Cavendish dengan tujuan memperpanjang masa simpannya.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan maka dibuatlah sebuah sistem kotak

penyimpanan untuk menentukan batas lama waktu penyimpanan buah pisang Cavendish. Penelitian ini mengimplementasikan metode logika *fuzzy* Sugeno sebagai pengambil keputusan. Metode *fuzzy* digunakan dalam sistem ini karena mampu mengatasi ketidakpastian dan keambiguan dalam pengukuran, serta dapat menghasilkan output berdasarkan kondisi yang tidak pasti. Dengan menggunakan metode *fuzzy*, sistem dapat menghasilkan prediksi batas lama waktu simpan buah pisang Cavendish berdasarkan suhu dan konsentrasi gas etilen di dalam kotak penyimpanan yang lebih akurat dan diharapkan sistem ini dapat membantu pengguna dalam mengambil keputusan yang tepat dalam penyimpanan pisang dan mengurangi kerugian ekonomi akibat pembusukan pisang akibat salah penyimpanan. Oleh karena itu, sistem kotak penyimpanan yang bisa memprediksi batas lama waktu simpan buah pisang dengan metode *fuzzy* menjadi sangat penting untuk membantu meningkatkan kualitas dan kuantitas pasokan buah pisang.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Logika Fuzzy

Profesor Lofti A. Zadeh memperkenalkan logika *fuzzy* pertama kali pada tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy* [4]. Dalam teori himpunan *fuzzy*, peran derajat keanggotaan sangat penting sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan. Ciri khas dari penalaran dengan logika *fuzzy* adalah menggunakan nilai keanggotaan atau fungsi keanggotaan. Logika *fuzzy* sering digunakan sebagai suatu metode untuk menghubungkan *input* masalah ke *output* yang diinginkan.

Logika *fuzzy* merupakan istilah yang berasal dari kata "*fuzzy*" yang dalam bahasa Indonesia berarti kabur atau samar-samar. Pada logika *fuzzy*, setiap variabel memiliki derajat keanggotaan dengan nilai yang berkisar antara 0 hingga 1. Fungsi logika *fuzzy* digunakan untuk memetakan besaran yang diungkapkan dengan bahasa (linguistik), seperti misalnya kecepatan kendaraan yang dapat diungkapkan dengan kata-kata seperti pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Logika *fuzzy* menunjukkan seberapa benar atau salah nilai tersebut, tidak seperti logika klasik yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai

yaitu merupakan anggota himpunan atau tidak. Nilai derajat keanggotaan 0 artinya nilai tersebut bukan merupakan anggota himpunan, sedangkan nilai derajat keanggotaan 1 artinya nilai tersebut adalah anggota himpunan.

### 2.2 Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah papan mikrokontroler yang menggunakan Atmega328 sebagai basisnya, dan papan ini memiliki 14 pin untuk *input/output* digital. Dari total 14 pin tersebut, terdapat 6 pin yang dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 pin sebagai *input* analog, 1 pin untuk menentukan kecepatan *clock* sebesar 16 Mhz, 1 pin untuk koneksi USB, 1 pin untuk *jack* listrik, 1 pin untuk *header* ICSP, dan 1 pin untuk tombol *reset* [5].



Gambar 1. Arduino Uno

### 2.3 DHT22

Sensor DHT22 adalah sebuah perangkat sensor yang dapat mengukur suhu dan kelembapan. Sensor ini menghasilkan keluaran berupa sinyal digital. DHT22 memiliki kemampuan pengaturan yang sangat presisi untuk mengukur suhu lingkungan dengan menggunakan nilai-nilai yang telah tersimpan di dalam memori OTP yang terintegrasi. Sensor ini adalah memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik serta fitur kalibrasi yang sangat akurat [6].



Gambar 2. DHT22

### 2.4 MQ-3

MQ-3 Gas Sensor (Alkohol, Etanol, Asap) adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan gas alkohol dalam rentang konsentrasi 0,05 mg/L hingga 10 mg/L. Sensor ini menggunakan SnO<sub>2</sub> sebagai bahan sensitifnya, di mana konduktivitasnya rendah dalam udara yang bersih. Nilai resistansi sensor MQ-3, yang disimbolkan sebagai R<sub>s</sub>, akan berubah ketika mendeteksi gas alkohol dalam udara [7]. Ketika konsentrasi gas alkohol meningkat, konduktivitas akan meningkat. Sebaliknya, konduktivitas akan menurun ketika konsentrasi gas alkohol menurun.



Gambar 3. MQ-3

## 2.5 LCD 16x2

LCD adalah suatu komponen elektronika yang berfungsi menampilkan karakter seperti tulisan, angka dan sebagainya. LCD banyak digunakan dalam bidang elektronika sebagai bahan pembelajaran maupun komponen utama yang dipasang pada suatu alat untuk memberikan tampilan informasi sesuai yang diinginkan. Modul LCD 16x2, setiap karakternya terbentuk dari 8 baris dan 5 kolom piksel, dimana satu baris terakhirnya adalah kursor. Akses data (pembacaan maupun penulisan) pada LCD ini dilakukan melalui register data [8].



Gambar 4. LCD 16x2

## 2.6 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membangun aplikasi, termasuk menulis program, mengkompilasi menjadi kode biner, dan mengunggahnya ke memori mikrokontroler. Arduino IDE dapat

diinstal pada beberapa sistem operasi, seperti Windows, MacOS, dan Linux [9].

## 2.7 Pisang Cavendish

Pisang Cavendish atau *Musa cavendishii* merupakan jenis buah tropis yang sangat populer di seluruh dunia dan dikenal sebagai pisang ambon putih di Indonesia. Pisang ini memiliki kelebihan lain yaitu nilai ekonomi yang tinggi terutama untuk komoditas ekspor [10]. Untuk mengembangbiakkannya, pisang ini banyak dibudidayakan melalui metode kultur jaringan. Keuntungan menggunakan bibit pisang hasil kultur jaringan adalah bibit tersebut bebas dari penyakit seperti layu moko yang disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas solanacearum* dan layu panama yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum cubense*, yang tidak dapat dihindari pada bibit dari anakan.



Gambar 5. Pisang Cavendish

## 2.8 Galat dan Akurasi

Galat atau *error* terjadi ketika terdapat perbedaan antara solusi numerik dan solusi analitik. Kesalahan ini diukur untuk menentukan seberapa dekat solusi numerik dengan solusi analitik yang eksak. Pada penelitian ini, nilai galat digunakan untuk mengukur kesalahan dalam pengujian sensor suhu. Persamaan untuk menghitung nilai galat dapat ditemukan dalam Persamaan 1 [4].

$$\varepsilon_R = \left| \frac{a-a'}{a} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- $\varepsilon_R$  = galat relatif mutlak
- $a$  = nilai alat ukur standar
- $a'$  = nilai pengukuran sensor

Pada konteks ini, akurasi merujuk pada seberapa dekat nilai pengukuran atau

pendekatan dengan nilai sebenarnya. Oleh karena itu, akurasi dan *error* saling berkebalikan. Dalam penelitian ini, perhitungan akurasi digunakan untuk menentukan seberapa baik penerapan metode logika *fuzzy* Sugeno dalam memprediksi batas waktu simpan pisang. Persamaan 2 digunakan untuk menghitung nilai akurasi [4].

$$\text{Akurasi} = 100\% - \varepsilon_R \quad (2)$$

Keterangan:

$$\varepsilon_R = \text{galat relatif mutlak}$$

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahap pertama adalah studi literatur yang mencakup pengumpulan literatur perangkat keras dan perangkat lunak yang terkait dengan penelitian ini. Literatur perangkat keras dilakukan dengan mencari referensi seperti buku, jurnal penelitian dan artikel yang digunakan untuk mempelajari sistem kerja dari sensor suhu, sensor gas, Arduino Uno dan perangkat lainnya sebagai pendukung penelitian ini. Sedangkan literatur perangkat lunak yaitu berupa buku, jurnal penelitian, dan artikel yang memiliki keterkaitan dengan sistem logika *fuzzy* yang dapat digunakan sebagai pembandingan pada penelitian ini, sehingga mendapatkan hasil yang diharapkan.

Tahap kedua adalah pengumpulan data, yang dilakukan melalui pengumpulan informasi mengenai metode logika *fuzzy* dari buku, jurnal, dan artikel terkait. Hasil dari pengumpulan data digunakan sebagai dasar pengetahuan untuk melakukan penelitian ini.

Tahap ketiga adalah analisis kebutuhan meliputi analisis terhadap kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sensor suhu DHT22, sensor gas MQ-3, Arduino Uno dan Modul LCD. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino IDE yang digunakan untuk pembuatan kode program logika *fuzzy*.

Tahap keempat adalah perancangan sistem yang mencakup perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras dirancang agar menjadi acuan untuk membuat sebuah sistem. Pada penelitian ini perancangan

kotak penyimpanan yang dilakukan yaitu perancangan sensor suhu, perancangan sensor gas, perancangan modul LCD perancangan perangkat keras secara keseluruhan. Sedangkan perancangan perangkat lunak dilakukan di Arduino IDE untuk membuat program. Program yang dirancang menggunakan metode logika *fuzzy* Sugeno yang mana metode tersebut digunakan sebagai sistem pengambilan keputusan dalam menentukan batas lama waktu penyimpanan pisang Cavendish.

Tahap kelima adalah implementasi dilakukan untuk mengimplementasikan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat sebelumnya.

Tahap keenam adalah pengujian sistem merupakan tahap terakhir yang bertujuan untuk memverifikasi bahwa sistem yang telah dikembangkan beroperasi dengan baik dan sesuai dengan harapan.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

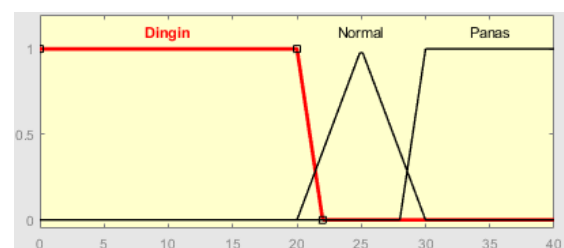
#### 4.1 Implementasi Logika *Fuzzy*

##### 4.1.1 Fuzzifikasi

Untuk melakukan fuzzifikasi pada suatu input, nilai pasti dari input tersebut akan diubah menjadi bentuk *fuzzy input* dengan menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai untuk setiap variabel, sehingga menghasilkan nilai linguistik yang sesuai dengan variabel tersebut.

##### a. Fuzzifikasi Keanggotaan Suhu

Berikut bentuk fungsi keanggotaan *input* suhu dapat dilihat pada Gambar 6.

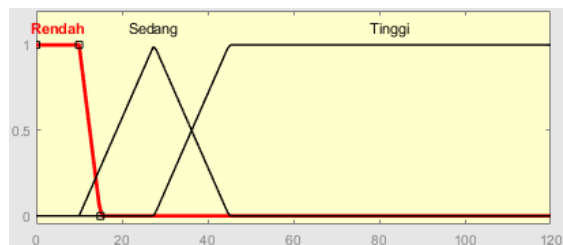


Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Suhu

Gambar 6 menampilkan fungsi keanggotaan *input* untuk suhu dalam kotak penyimpanan. Fungsi keanggotaan suhu menggunakan tiga buah linguistik yaitu:

- Dingin : 0°C - 22°C
- Normal : 20°C - 30°C
- Panas : 28°C - 40°C

- b. Fuzzifikasi Keanggotaan Gas  
Berikut bentuk fungsi keanggotaan *input* gas dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Gas

Gambar 7 menampilkan fungsi keanggotaan *input* untuk gas dalam kotak penyimpanan. Fungsi keanggotaan gas menggunakan tiga buah linguistik yaitu:

- Rendah : 0ppm – 15ppm
- Sedang : 10ppm – 45ppm
- Tinggi : 27.5ppm – 120ppm

#### 4.1.2 Fungsi Implikasi

Dalam penelitian ini, digunakan metode logika *fuzzy* Sugeno untuk melakukan proses inferensi. Untuk menghasilkan keluaran dalam bentuk domain *fuzzy*, digunakan aplikasi fungsi implikasi, yaitu implikasi Min yang menggunakan operator AND.

#### 4.1.3 Basis Aturan

Di penelitian ini, terdapat basis aturan yang terdiri dari beberapa aturan *fuzzy* yang digunakan untuk mengontrol sistem. Pembentukan aturan logika *fuzzy* dilakukan dengan membuat 9 aturan (R) yang berfungsi sebagai implikasi, dimana setiap aturan menghubungkan antara *input* dan *output* dengan menggunakan operator AND. Aturan-aturan ini dibuat berdasarkan data yang telah tersedia, dan aturan-aturan tersebut sebagai berikut:

- *IF* Suhu Dingin *AND* Gas Rendah *THEN* Waktu Sangat Lama.
- *IF* Suhu Dingin *AND* Gas Sedang *THEN* Waktu Sedang.
- *IF* Suhu Dingin *AND* Gas Tinggi *THEN* Waktu Sangat Cepat.
- *IF* Suhu Normal *AND* Gas Rendah *THEN* Waktu Lama.
- *IF* Suhu Normal *AND* Gas Sedang *THEN*

Waktu Cepat.

- *IF* Suhu Normal *AND* Gas Tinggi *THEN* Waktu Sangat Cepat.
- *IF* Suhu Panas *AND* Gas Rendah *THEN* Waktu Sedang.
- *IF* Suhu Panas *AND* Gas Sedang *THEN* Waktu Cepat.
- *IF* Suhu Panas *AND* Gas Tinggi *THEN* Waktu Sangat Cepat.

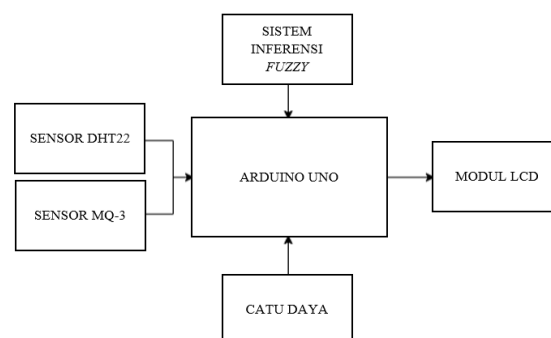
#### 4.1.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan adalah langkah terakhir dari proses *fuzzy* yaitu menentukan variabel linguistik lama waktu penyimpanan pisang Cavendish sebagai keputusan dari setiap aturan yang dibuat dengan ketentuan sebagai berikut:

- Sangat Cepat, memiliki nilai *fuzzy output* 48 jam.
- Cepat, memiliki nilai *fuzzy output* 120 jam.
- Sedang, memiliki nilai *fuzzy output* 192 jam.
- Lama, memiliki nilai *fuzzy output* 264 jam.
- Sangat Lama, memiliki nilai *fuzzy output* 336 jam.

#### 4.2 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi Perangkat Keras melibatkan perakitan komponen-komponen perangkat keras untuk membentuk sistem yang berfungsi dengan benar sesuai dengan desain sistem. Implementasi perangkat keras meliputi pemasangan sensor suhu, sensor gas, dan modul LCD. Informasi lebih lanjut tentang diagram blok dari sistem ini dapat ditemukan di Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Blok Sistem

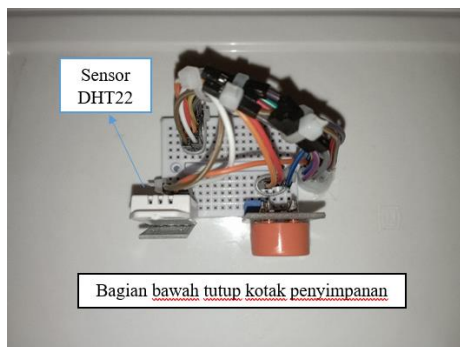
Secara umum, prinsip kerja sistem tergambar pada diagram blok Gambar 8. Diagram blok tersebut menunjukkan adanya



dua perangkat masukan yang terdiri dari sensor suhu DHT22 dan sensor gas MQ-3. Selain itu, ada satu perangkat pengendali utama sistem yang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan satu perangkat keluaran berupa LCD.

#### 4.2.1 Implementasi Sensor Suhu

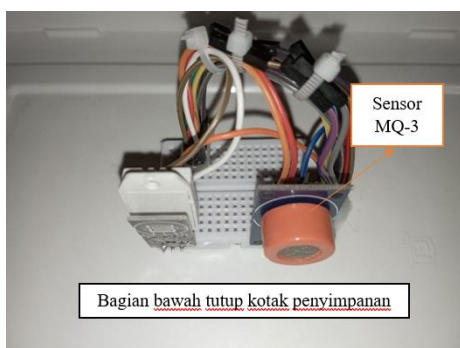
Komponen yang digunakan untuk mendeteksi suhu dalam sistem ini adalah Sensor DHT22. Sensor DHT22 berfungsi untuk membaca suhu ruang dalam kotak penyimpanan pisang. Hasil yang didapatkan dari sensor ini adalah nilai suhu yang dinyatakan dalam satuan Celsius (°C). Hasil Implementasi Sensor Suhu dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Implementasi Sensor Suhu

#### 4.2.2 Implementasi Sensor Gas

Komponen yang digunakan untuk mendeteksi kadar gas etilen pada buah pisang dalam sistem ini adalah Sensor MQ-3. Hasil yang didapatkan dari sensor ini adalah nilai gas yang dinyatakan dalam satuan konsentrasi ppm (*parts per million*). Hasil Implementasi Sensor Gas dapat dilihat pada Gambar 10.

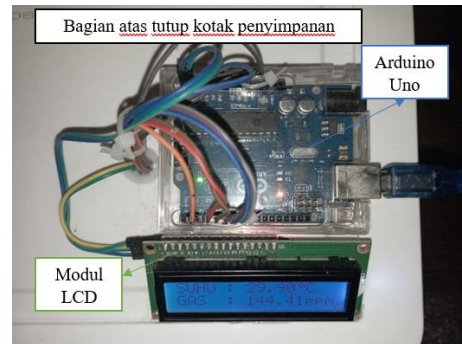


Gambar 10. Implementasi Sensor Gas

#### 4.2.3 Implementasi Modul LCD

Untuk implementasi modul LCD, digunakan LCD dengan I2C Board yang

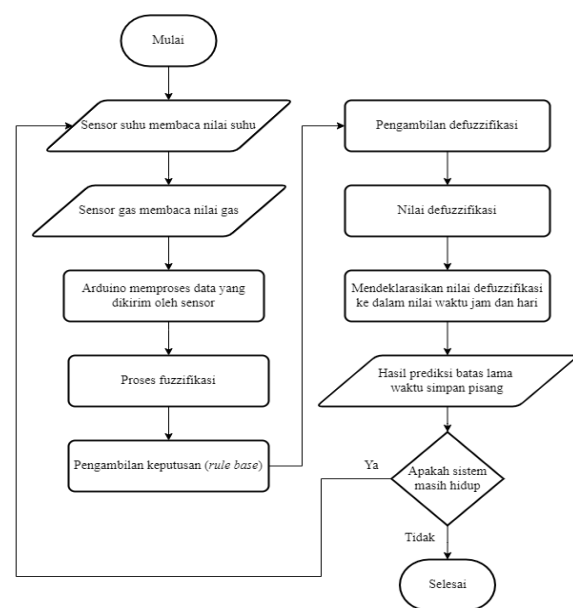
terintegrasi. Informasi yang ditampilkan pada LCD meliputi suhu, konsentrasi gas etilen, hasil perhitungan *fuzzy*, dan prediksi batas simpan pisang. Gambar 11 menunjukkan hasil dari implementasi modul LCD.



Gambar 11. Implementasi Modul LCD

#### 4.3 Implementasi Perangkat Lunak

Untuk implementasi perangkat lunak, dilakukan pembuatan kode program yang mengaplikasikan algoritma pada perangkat keras sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Setiap komponen perangkat keras didefinisikan sebagai *input* atau *output* dengan kondisi yang sesuai dengan perancangan, sehingga semua perangkat dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya. Perancangan sistem prediksi batas lama waktu penyimpanan pisang Cavendish mengimplementasikan logika *fuzzy* Sugeno dengan basis Arduino Uno. Diagram alir perancangan logika *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram Alir Perangkat Lunak

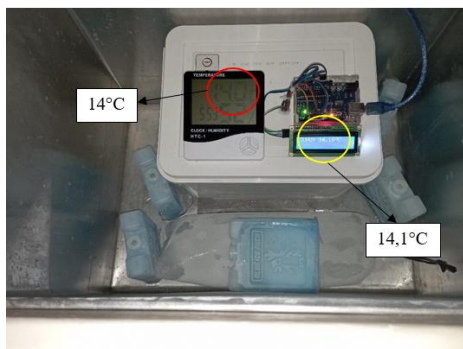
Tahap pertama dari proses ini adalah dimulai dengan pembacaan sensor DHT22 dan sensor MQ-3. Kemudian ambil nilai suhu pada sensor DHT22 dan nilai gas pada sensor MQ-3. Setelah nilai suhu dan gas didapat selanjutnya nilai yang telah didapat diproses menggunakan logika *fuzzy*, dimana kedua nilai tersebut akan dijadikan variabel masukan dalam sistem inferensi *fuzzy* (FIS). Sistem ini memproses dua variabel masukan (suhu dan gas) berdasarkan aturan-aturan yang dibuat untuk menghasilkan keluaran. Keluaran sistem ini berupa batas lama waktu penyimpanan pisang Cavendish (sisa jam sebelum buah kelewat matang) beserta nilai suhu dan kadar gas etilen dalam kotak penyimpanan. Metode pengambilan keputusan logika *fuzzy* ada beberapa tahap untuk mendapatkan keluaran. Tahapan pada sistem inferensi *fuzzy* adalah fuzzifikasi, fungsi implikasi, basis aturan dan defuzzifikasi.

#### 4.4 Pengujian

Setelah implementasi selesai dan berjalan dengan baik, tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap perangkat keras dan perangkat lunak. Proses pengujian ini bertujuan untuk menemukan kesalahan atau kekurangan pada implementasi logika *fuzzy* dalam sistem.

##### 4.4.1 Pengujian Sensor Suhu

Sensor DHT22 digunakan untuk mendeteksi suhu ruang dalam kotak penyimpanan dan diuji dengan menggunakan *Thermometer* HTC 1. Pengujian dilakukan pada suhu ruang dingin, normal, dan panas. Hasil pengujian nilai suhu dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengujian Sensor Suhu

Data hasil pengujian sensor suhu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Suhu






No	DHT22 (°C)	HTC 1 (°C)	Selisih	Error (%)
1	14,1	14	0,1	0,7142
2	15,5	15,5	0	0
3	16,3	16,1	0,2	1,2422
4	17	17	0	0
5	18,9	18,7	0,2	1,0695
6	20,9	20,5	0,4	1,9512
7	21,4	21,2	0,2	0,9433
8	22,5	22,3	0,2	0,8968
9	23,9	23,3	0,6	2,5751
10	24,9	24,7	0,2	0,8097
11	25,8	25,5	0,3	1,1764
12	27,5	27,4	0,1	0,3649
13	28	28,2	0,2	0,7092
14	29	29	0	0
15	31,4	31,5	0,1	0,3174
16	33,3	33,5	0,2	0,5730
17	34,3	34,9	0,6	1,7191
18	35,1	35,8	0,7	1,9553
19	36,3	37	0,7	1,8918
20	37	37,7	0,7	1,8567
21	38,1	38,6	0,5	1,2953
<i>Error rata-rata</i>				1,0505

Pengujian sensor suhu dilakukan pengukuran dengan rentang suhu 14°C sampai 39°C. Nilai rata-rata *error* yang didapatkan pada pengujian sensor suhu adalah 1,0505%.

##### 4.4.2 Pengujian Sensor Gas

Sensor MQ-3 digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas etilen dalam kotak penyimpanan dengan menggunakan satuan ppm (*parts per million*). Karena penulis tidak memiliki akses ke peralatan pengukuran konsentrasi gas yang khusus, maka pengujian dilakukan secara langsung pada pisang Cavendish. Pengujian dilakukan dengan mengukur kadar gas pada sampel pisang Cavendish yang dikategorikan berdasarkan warna kulitnya. Hasil dari pengujian sensor gas tersebut dapat ditemukan pada Tabel 2, yang memberikan informasi tentang kemampuan sensor MQ-3 dalam mendeteksi nilai konsentrasi gas.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Gas Pada Pisang Cavendish

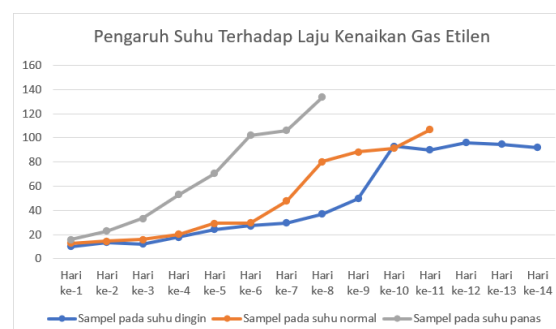
No	Sampel	Gas (ppm)	Tingkat Kematangan
1		6,96	Hijau
2		17,75	Hijau Kekuningan
3		37,08	Kuning
4		90,01	Kuning Berbintik
5		92,06	Kuning Kecoklatan

Dari hasil pengujian pada Tabel 2, ditemukan bahwa sensor gas mampu mendeteksi nilai kadar gas etilen yang dihasilkan oleh pisang Cavendish dengan lima tingkat kematangan yang berbeda, yang dikelompokkan berdasarkan warna kulitnya.

#### 4.4.3 Pengujian Pengaruh Suhu Terhadap Laju Kenaikan Gas

Pengujian ini dilakukan dengan mengamati laju kenaikan gas etilen dari tiga sisir pisang Cavendish yang masih mentah. Masing-masing sisir pisang disimpan dalam

kotak penyimpanan dengan suhu yang berbeda hingga pisang sangat matang pisang sangat matang. Adapun suhu yang digunakan adalah suhu dingin ( $0^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$ ), suhu normal ( $20^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ ), dan suhu panas ( $28^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ ). Pengamatan dilakukan selama 14 hari pada sampel pisang dengan suhu dingin, 11 hari pada sampel pisang dengan suhu normal, dan 8 hari pada sampel pisang dengan suhu panas. Ketika melakukan pengamatan, lama waktu pengamatan untuk masing-masing sampel pisang ditentukan berdasarkan aturan *fuzzy* yang telah dibuat. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh data mengenai laju kenaikan gas etilen pada pisang Cavendish yang disimpan dalam kotak penyimpanan dengan suhu yang berbeda-beda. Data tersebut kemudian diolah dan direpresentasikan dalam bentuk grafik, seperti yang terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Pengaruh Suhu Terhadap Laju Kenaikan Gas Etilen

Berdasarkan hasil pembacaan grafik pada Gambar 14, dapat diamati bahwa semakin tinggi suhu, laju kenaikan gas etilen semakin cepat. Hal ini dapat dilihat dari waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya kenaikan gas etilen pada sampel yang ditempatkan pada suhu tinggi, yang terjadi lebih cepat dibandingkan dengan sampel yang ditempatkan pada suhu dingin dan normal.

#### 4.4.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Tahap akhir dari pengujian sistem adalah pengujian keseluruhan untuk memverifikasi apakah sistem dapat beroperasi sesuai dengan harapan. Pengujian ini melibatkan kombinasi dari seluruh tahap pengujian sebelumnya yang telah dilakukan dengan menggunakan Arduino Uno, metode *fuzzy*, Sensor DHT22, Sensor MQ-3, dan modul LCD. Data hasil pengujian keseluruhan sistem,



yang mencakup hasil dari penggabungan seluruh proses pengujian sebelumnya, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Keseluruhan Sistem

Input Sensor Pengujian		Output Pengujian (jam)	Target Output	Pengujian Berhasil / Tidak
Suhu (°C)	Gas (ppm)			
17,7 (Dingin)	7,45 (Rendah)	336 (Sangat Lama)	Sangat Lama	Berhasil
16,2 (Dingin)	10,54 (Rendah)	330,74 (Sangat Lama)	Sangat Lama	Berhasil
16,1 (Dingin)	12,57 (Rendah)	302,55 (Sangat Lama)	Sangat Lama	Berhasil
17,1 (Dingin)	17,91 (Sedang)	192 (Sedang)	Sedang	Berhasil
18,1 (Dingin)	27,84 (Sedang)	188,99 (Sedang)	Sedang	Berhasil
15,4 (Dingin)	33,42 (Sedang)	143,26 (Sedang)	Sedang	Berhasil
18,7 (Dingin)	42,29 (Tinggi)	70,27 (Cepat)	Sangat Cepat	Tidak
17,7 (Dingin)	63,87 (Tinggi)	48 (Sangat Cepat)	Sangat Cepat	Berhasil
17,4 (Dingin)	82,88 (Tinggi)	48 (Sangat Cepat)	Sangat Cepat	Berhasil
17,5 (Dingin)	91,25 (Tinggi)	48 (Sangat Cepat)	Sangat Cepat	Berhasil
27,6 (Normal)	4,09 (Rendah)	264 (Lama)	Lama	Berhasil
22,1 (Normal)	10,36 (Rendah)	258,07 (Lama)	Lama	Berhasil
22,6 (Normal)	7,76 (Rendah)	264 (Lama)	Lama	Berhasil
23,4 (Normal)	16,79 (Sedang)	120 (Cepat)	Cepat	Berhasil
26,2 (Normal)	28,15 (Sedang)	115,81 (Cepat)	Cepat	Berhasil
23,3 (Normal)	24,22 (Sedang)	120 (Cepat)	Cepat	Berhasil
26,9 (Normal)	43,74 (Tinggi)	55,73 (Cepat)	Sangat Cepat	Tidak
23,4 (Normal)	53,86 (Tinggi)	48 (Sangat Cepat)	Sangat Cepat	Berhasil
23,2 (Normal)	79,18 (Tinggi)	48 (Sangat Cepat)	Sangat Cepat	Berhasil
24,8 (Normal)	109,39 (Tinggi)	48 (Sangat Cepat)	Sangat Cepat	Berhasil
31,2 (Panas)	3,11 (Rendah)	192 (Sedang)	Sedang	Berhasil
30,8 (Panas)	8,95 (Rendah)	192 (Sedang)	Sedang	Berhasil

33,6 (Panas)	10,94 (Rendah)	187,08 (Sedang)	Sedang	Berhasil
32,8 (Panas)	15,88 (Sedang)	120 (Cepat)	Cepat	Berhasil
32,8 (Panas)	28,09 (Sedang)	116,77 (Cepat)	Cepat	Berhasil
34,4 (Panas)	21,24 (Sedang)	120 (Cepat)	Cepat	Berhasil
33 (Panas)	58,29 (Tinggi)	48 (Sangat Cepat)	Sangat Cepat	Berhasil
32,9 (Panas)	42,37 (Tinggi)	60,57 (Cepat)	Sangat Cepat	Tidak
30 (Panas)	70,63 (Tinggi)	48 (Sangat Cepat)	Sangat Cepat	Berhasil
34,5 (Panas)	90,67 (Tinggi)	48 (Sangat Cepat)	Sangat Cepat	Berhasil

Hasil Tabel 3 pengujian penerapan logika *fuzzy* Sugeno pada kotak penyimpanan dari 30 data percobaan pengujian yang sesuai dengan yang diharapkan sebanyak 27 data. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh nilai akurasi pada penerapan metode logika *fuzzy* Sugeno. Adapun perhitungan nilai akurasi dijabarkan dibawah ini.

$$\text{Error (\%)} \text{ sistem} = \left| \frac{30-27}{30} \right| \times 100\% = 10\%$$

$$\text{Akurasi (\%)} \text{ sistem} = 100\% - 10\% = 90\%$$

#### 4.5 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem yang dapat memprediksi batas lama waktu simpan buah pisang Cavendish menggunakan metode *fuzzy* Sugeno. Pada sistem ini, mikrokontroler bertipe Arduino Uno digunakan sebagai otak dari sistem. Dalam implementasinya, terdapat dua jenis sensor dan satu modul LCD yang dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Uno. Sensor suhu DHT22 digunakan untuk mendeteksi suhu ruang dalam kotak penyimpanan pisang, sementara sensor gas MQ-3 digunakan untuk mendeteksi kadar gas etilen yang dihasilkan oleh buah pisang. Data dari kedua sensor akan diproses menggunakan metode logika *fuzzy* untuk menentukan batas lama waktu penyimpanan buah pisang. Setelah proses pengolahan data selesai dilakukan, hasil prediksi batas lama waktu penyimpanan buah pisang akan ditampilkan pada modul LCD.

Pengujian sensor suhu DHT22 dilakukan tujuh kali pada tiap himpunan suhu

suhu (dingin, normal dan panas), didapatkan *error* rata-rata dari tiga himpunan suhu adalah 1,0505%. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka sensor suhu DHT22 dapat mendeteksi nilai suhu untuk tiap himpunan suhu (dingin, normal dan panas) dengan *error* sebesar 1,0505% dari alat ukur suhu *Thermometer* HTC 1.

Pengujian sensor gas MQ-3 dilakukan pada sampel pisang Cavendish. Pengujian pada pisang Cavendish dilakukan untuk mengetahui apakah sensor gas MQ-3 mampu mendeteksi nilai konsentrasi gas etilen yang dihasilkan pisang. Hasil pengujian yang dilakukan pada sampel tersebut menunjukkan bahwa sensor gas MQ-3 dapat mendeteksi nilai konsentrasi gas dengan baik.

Pengujian pengaruh suhu terhadap laju kenaikan gas etilen pada pisang Cavendish dilakukan dengan mengamati laju kenaikan gas etilen dari tiga sisir pisang Cavendish yang masih mentah. Masing-masing sisir pisang disimpan dalam kotak penyimpanan dengan suhu yang berbeda hingga pisang sangat matang. Adapun suhu yang digunakan adalah suhu dingin (0°C – 22°C), suhu normal (20°C – 30°C), dan suhu panas (28°C – 40°C). Pengamatan dilakukan selama 14 hari pada sampel pisang dengan suhu dingin, 11 hari pada sampel pisang dengan suhu normal, dan 8 hari pada sampel pisang dengan suhu panas. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan, maka laju kenaikan gas etilen pada pisang juga semakin tinggi.

Dari pengujian keseluruhan sistem didapatkan hasil bahwa sistem dapat bekerja

dengan baik dimana hasil pembacaan sensor, perhitungan *fuzzy* dan prediksi batas lama waktu penyimpanan simpan buah pisang dapat dilakukan. Pengujian keseluruhan sistem dari 30 data percobaan pengujian yang sesuai dengan yang diharapkan sebanyak 27 data. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai akurasi 90%. Dengan adanya sistem implementasi *fuzzy* yang dibuat, pengguna dapat mengetahui batas lama waktu penyimpanan buah pisang Cavendish berdasarkan suhu dan kadar gas etilen.

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Berdasarkan hasil pengujian pengaruh suhu terhadap laju kenaikan gas etilen pada pisang Cavendish, dapat dilihat bahwa suhu berpengaruh signifikan terhadap laju kenaikan gas etilen pada buah pisang. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan, maka laju kenaikan gas etilen pada pisang juga semakin tinggi.
- b. Hasil pengujian penerapan logika *fuzzy* Sugeno yang ditanamkan pada mikrokontroler Arduino Uno dari 30 data percobaan pengujian yang sesuai dengan yang diharapkan sebanyak 27 data. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai akurasi 90%.

## 6. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat saran untuk pengembangan selanjutnya yaitu:

- a. Menambah variabel inputan seperti warna, berat atau banyak buah agar hasil prediksi jauh lebih akurat.
- b. Memperbanyak aturan *fuzzy* agar hasil prediksi lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. J. N. Praja, P. K. D. Kencana, and I. G. K. A. Arthawan, "Pengaruh Konsentrasi Asap Cair Bambu Tabah (*Gigantochloa nigrociliata* Buse-Kurz) dan Lama Perendaman Terhadap Kesegaran Pisang Cavendish (*Musa Acuminata*)", *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, vol. 9, no. 1, pp. 45-55, 2021.
- [2] Sholihati, R. Abdullah, and Suroso, "Study of Lengthen Shelf Life of Pisang Raja (*Musa paradisiaca* Var. *Sapientum* L.) by Using Absorber Ethylene Potassium Permanganate Substance", *Jurnal Rona Teknik Pertanian*, vol. 8, no.2, pp. 76–89, 2015.
- [3] S. Sinha, P.H.R. Gowda, S. Kumar, and N.M. Mallikarjuna, "Shelf Life Evaluation in Selected Tomato (*Solanum Lycopersicum* L) F7 Recombinant Inbred Lines (RILs)," *Austin Journal of Biotechnology & Bioengineering*, vol. 1, pp. 1-4, 2014.
- [4] Wahidatunnisa, "Implementasi Logika Fuzzy Mamdani Pada Robot Penghinder Halangan," Skripsi, Universitas Tanjungpura, 2022.
- [5] M. Syahwil, *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: Andi Publesher, 2013.
- [6] Siswanto, W. Gata, and R. Tanjung, "Kendali Ruang Server Menggunakan Sensor Suhu DHT 22, Gerak Pir dengan Notifikasi Email," in *Prosiding Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi (SISFOTEK)*, vol. 1, no. 1, pp. 134 – 142, 2017.
- [7] I. G.S. Merta, "Perancangan Alat Ukur Kadar Alkohol Menggunakan Sensor Mq-3 Berbasis Mikrokontroler Atmega16," Skripsi, Universitas Udayana, 2017.
- [8] O. Derek, E. K. Allo, and N. M. Tulung, "Rancang Bangun Alat Monitoring Kecepatan Angin Dengan Koneksi Wireless Menggunakan Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 5, no. 4, pp. 1–7, 2016.
- [9] J. Arifin, L. N. Zulita, and Hermawansyah, "Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560," *Jurnal Media Infotama*, vol. 12, no. 1, pp. 89-98, 2016.
- [10] A.N. Widayatmo and A. Nindita, "Identifikasi Morfologi Aksesori Pisang Cavendish pada Fase Pembibitan dan Produksi di Lampung," *Buletin Agrohorti*, vol. 7, no. 2, pp. 138-144, 2019.