

SKRIPSI

**SISTEM KENDALI SUHU UNTUK MEMPERCEPAT
KEMATANGAN TAPE SINGKONG MENGGUNAKAN
TEKNIK LOGIKA SAMAR (*FUZZY*)**

Disusun dan diajukan oleh:

ADE NUR FATIMAH SUBIR

D041 19 1069



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2023



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SISTEM KENDALI SUHU UNTUK MEMPERCEPAT KEMATANGAN TAPE SINGKONG MENGGUNAKAN TEKNIK LOGIKA SAMAR (FUZZY)

Disusun dan diajukan oleh

Ade Nur Fatimah Subir

D041191069

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 17 November 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. A. Ejah Umraeni Salam, ST., MT
NIP. 19720908 199702 2 001

Prof. Dr. Ing. Faizal Arya Samman, ST., MT
NIP. 19750605 200212 1 004

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. M. Dewiani, M.T.
NIP. 196801026 199412 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ade Nur Fatimah Subir

NIM : D041191069

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

SISTEM KENDALI SUHU UNTUK MEMPERCEPAT KEMATANGAN TAPE SINGKONG MENGGUNAKAN TEKNIK LOGIKA SAMAR (FUZZY)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 17 November 2023

Yang Menyatakan



METERAI
TEMPEL
19AKX708169162

Ade Nur Fatimah Subir



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Sistem Kendali Suhu Untuk Mempercepat Kematangan Tape Singkong Menggunakan Teknik Logika Samar (*Fuzzy*)”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penelitian ini merupakan tugas akhir yang bertujuan untuk mengetahui dan memahami pengaruh variabel kontrol, yakni suhu, terhadap kematangan tape singkong. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik logika samar atau *fuzzy logic* untuk menentukan waktu kematangan tape, dengan kadar alkohol dan kadar keasaman (pH) sebagai variabel input.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun, dengan limpahan rahmat dan anugerah dari Allah Subhanahu Wa Ta’ala, serta dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak, akhirnya karya ini berhasil diselesaikan.

Dalam kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat, penulis merasa perlu untuk mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta doa-doa dalam menyusun skripsi ini hingga mencapai tahap penyelesaian. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan penghargaan khusus kepada:

1. Keluarga penulis yang tiada hentinya memberikan dukungan dalam bentuk doa, semangat, dan kasih sayang yang menjadi sumber inspirasi yang tak terhingga. Meskipun terpaut jarak, namun kasih sayang keluarga tidak berkurang sedikitpun, dan hal ini menjadi pendorong utama bagi penulis untuk berhasil menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga keluarga penulis senantiasa mendapatkan limpahan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan.

Dr. A. Ejah Umraeni Salam, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I dan
Dr. Ing. Faizal Arya Samman, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II
lis yang telah memberikan bimbingan, kritik dan saran, maupun arahan



yang sangat berguna dalam penyusunan tugas akhir ini. Semoga Ibu dan Prof senantiasa diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan.

3. Bapak Muh Anshar, ST., M.Sc (Research)., Ph.D dan Ibu Ida Rachmaniar Sahali, ST., MT selaku dosen penguji yang memberikan saran, koreksi dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir penulis. Semoga Bapak dan Ibu senantiasa diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan.
4. Seluruh dosen pengajar serta pegawai Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin atas bimbingan, didikan, kemudahan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan. Semoga Bapak dan Ibu senantiasa diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan.
5. Teman-teman konsentrasi kendali serta teman-teman LSKI, terima kasih untuk seluruh waktu, ilmu, saran, kritik, doa, dan dukungan. Terimakasih sudah menjadi tempat untuk berbagi mau itu tentang akademik maupun di luar akademik. Semoga kalian selalu diberikan kelancaran, kesehatan, dan kebahagiaan.
6. Aulia Azhar dan Hidayah Tria Ananda telah menjadi teman setia sejak awal perjalanan perkuliahan, menjadi tempat di mana penulis bisa berbagi segala hal, baik itu yang bersifat akademis maupun personal. Ucapan terima kasih disampaikan untuk dedikasi mereka, termasuk waktunya, doa, dukungan, saran, dan kritik yang berharga. Kepada Gabriel dan Arjun yang membantu dan rela memberikan dukungan di saat-saat genting, baik terkait masalah perkuliahan maupun hal-hal lainnya. Terimakasih juga kepada Isnun, Wanda, Ayu, dan Pati atas bantuan dan dukungan penuh yang telah diberikan. Kontribusi mereka telah memberikan warna dan makna pada masa perkuliahan penulis. Semoga setiap dari mereka selalu mendapatkan kelancaran, kemudahan, kesehatan, dan kebahagiaan yang berlimpah.
7. Teman – teman MML, Elda, Telkom, Telematika, dan Antena yang sudah menemani perkuliahan penulis di akhir semester. Terimakasih sudah menghibur penulis di saat-saat kita semua sedang sibuk dan pusing mengerjakan tugas akhir. Semoga kalian selalu mendapatkan kelancaran, kemudahan, kesehatan, dan kebahagiaan yang berlimpah.



8. Teman – teman KKN Gelombang 108 Bakka, terima kasih atas pengalaman dan dukungannya. Senang pernah berkenalan dengan kalian, walaupun sebentar, tetapi penulis sangat berterima kasih atas momen-momen berharga yang pernah dialami bersama selama dua bulan. Mendaki gunung dan melintasi lembah bukanlah hal yang mudah, namun berharga.
9. Teman-teman TR19GER, terima kasih untuk seluruh ilmu, pengalaman, dan cerita yang telah dibagikan kepada penulis, serta terima kasih untuk seluruh dukungan, doa, dan semangat yang diberikan kepada penulis. Terima kasih sudah menemani penulis melalui masa perkuliahan dan membuat masa perkuliahan lebih berwarna serta bermakna. Terima kasih sudah hadir. Semoga dimanapun kalian berada dan apapun yang kalian cita-citakan serta perjuangkan selalu diberikan keberkahan, kebahagiaan, kesehatan, dan kelancaran.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini, tetapi tidak dapat disebutkan satu persatu pada kesempatan ini.

Demikianlah, melalui kalimat-kalimat ini, penulis ingin mengekspresikan rasa syukur dan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah turut serta dalam perjalanan ini. Semoga skripsi dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif dalam bidang ilmu pengetahuan dan pengembangan ke depannya.

Gowa, 17 November 2023

Ade Nur Fatimah Subir



ABSTRAK

ADE NUR FATIMAH SUBIR. *Sistem Kendali Suhu Untuk Mempercepat Kematangan Tape Singkong Menggunakan Teknik Logika Samar (Fuzzy)* (dibimbing oleh A. Ejah Umraeni Salam dan Faizal Arya Samman)

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem pemantauan dan pengendalian suhu yang digunakan dalam mempercepat kematangan tape singkong, mengetahui pengaruh variasi suhu selama proses fermentasi terhadap tingkat pematangan tape, dan mengevaluasi sejauh mana efisiensi sistem ini dalam memantau waktu, suhu, kadar alkohol, serta tingkat keasaman (pH) dalam menentukan kematangan tape singkong. Penelitian ini melibatkan dua tahap, yakni tahap konvensional dan penerapan sistem. Hasil dari tahap konvensional menunjukkan bahwa tape singkong mencapai tingkat kematangan paling optimal pada hari ketiga dengan proses fermentasi selama 72 jam, memiliki kadar alkohol sekitar 14,522%, dan pH mencapai 2,8. Pada tahap sistem, berbagai variasi suhu (antara 35-38°C) digunakan untuk menentukan suhu terbaik. Hasilnya menunjukkan bahwa tape singkong mencapai tingkat kematangan terbaik pada suhu 36°C dalam waktu 39 jam, 33 jam lebih cepat daripada metode konvensional. Kesimpulannya, penelitian ini berhasil mengontrol fermentasi tape singkong dengan suhu, menentukan kematangan berdasarkan kadar alkohol dan pH. Meskipun teksturnya tidak sehalus tape konvensional, rasanya lebih manis dengan sedikit pahit. Semakin tinggi suhu yang diberikan dapat mempercepat kematangan hingga dua kali lipat dan didapatkan suhu terbaik adalah 36°C. Sistem pengendalian ini memudahkan pemantauan kadar alkohol dan pH tape singkong, meski terdapat masalah dalam stabilitas pembacaan sensor pH.

Kata Kunci: Sistem kendali, suhu, kadar alkohol, kadar pH, kematangan tape, tape singkong, logika samar.



ABSTRACT

ADE NUR FATIMAH SUBIR. *Temperature Control System to Accelerate Cassava Tape Maturation Using Fuzzy logic Technique (Supervised by A. Ejah Umraeni Salam and Faizal Arya Samman)*

This research aims to design a monitoring and temperature control system used to accelerate the maturation of cassava tape, understand the influence of temperature variations during the fermentation process on the level of cassava tape maturation, and evaluate the efficiency of this system in monitoring time, temperature, alcohol content, and acidity level (pH) in determining the maturation of cassava tape. The research involves two phases, the conventional phase and the system implementation phase. The results of the conventional phase show that cassava tape reaches its optimal maturation level on the third day with a fermentation process lasting 72 hours, having an alcohol content of approximately 14.522%, and a pH of 2.8. In the system phase, various temperature variations (between 35-38°C) are used to determine the best temperature. The results indicate that cassava tape reaches its best maturation level at 36°C in 39 hours, 33 hours faster than the conventional method. In conclusion, this research successfully controls the fermentation of cassava tape with temperature, determines maturation based on alcohol content and pH. Although its texture is not as smooth as conventional tape, it has a sweeter taste with a slight bitterness. Higher temperatures can accelerate maturation by up to two times, and the optimal temperature is 36°C. This control system facilitates the monitoring of alcohol content and pH in cassava tape, despite issues with pH sensor reading stability.

Keywords: Control system, temperature, alcohol content, pH level, cassava tape maturation, cassava tape, fuzzy logic.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika dan Organisasi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Singkong (Manihot utilissima Pohl).....	6
2.2 Tape Singkong.....	6
2.2.1 Pembuatan tape singkong	7
2.2.2 Fermentasi.....	8
2.2.3 Khamir	8
2.2.4 Etanol.....	9
2.2.5 Teori dasar pH	10
2.3 Sistem Kontrol dan <i>Monitoring</i>	11
2.4 Sensor pada Sistem Kontrol dan <i>Monitoring</i>	11
2.5 <i>Fuzzy logic</i>	12
<i>te of The Art</i>	17
METODE PENELITIAN	19
ktu dan Lokasi Penelitian.....	19



3.2 Bahan dan Alat	19
3.2.1 Spesifikasi komponen	21
3.3 Tahapan Perancangan	24
3.3.1 Perancangan umum sistem	26
3.3.2 Perancangan perangkat keras	28
3.3.3 Perancangan perangkat lunak	31
3.3.4 Sistem kerja alat	37
3.3.5 Desain alat	39
3.4 Teknik Analisis	40
3.5 Rancangan Pengujian	41
3.5.1 Pengujian sensor	41
3.5.2 Pengujian Aktuator	42
3.5.3 Pengujian setiap suhu berbeda pada sistem	42
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Perancangan Alat	43
4.2 Hasil Pengujian Alat	44
4.2.1 Sensor DHT11	44
4.2.2 Sensor MQ3	45
4.2.3 Sensor pH	48
4.2.4 Aktuator Suhu	51
4.3 Pengujian Tape Singkong	55
4.3.1 Pengujian tape singkong secara konvensional	55
4.3.2 Pengujian tape dengan sistem kendali	57
4.3.3 Perbandingan hasil fermentasi tape	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65
5.3 Pengembangan	65
DAFTAR PUSTAKA	66
 SARAN	69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Tape singkong	6
Gambar 2 Konsep dasar <i>fuzzy logic</i>	13
Gambar 3 Pengelompokkan beberapa hewan ke himpunan ikan.....	14
Gambar 4 Pengelompokkan umur ke himpunan kategori usia <i>crisp logic</i>	14
Gambar 5 Representasi linear turun	15
Gambar 6 Representasi linear naik	16
Gambar 7 Representasi kurva segitiga	16
Gambar 8 Diagram alir penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 9 Diagram blok sistem.....	27
Gambar 10 Rangkaian skematik sistem	28
Gambar 11 <i>Flowchart</i> pseudocode program pada Arduino IDE	31
Gambar 12 Variabel kadar alkohol	33
Gambar 13 Variabel tingkat keasaman	34
Gambar 14 Variabel kualitas tape	35
Gambar 15 Daerah hasil komposisi	36
Gambar 16 <i>Flowchart</i> sistem secara keseluruhan.....	38
Gambar 17 Visualisasi sistem kendali suhu fermentasi tape singkong.....	39
Gambar 18 Hasil perancangan alat tampak luar	43
Gambar 19 Hasil perancangan alat tampak dalam	43
Gambar 20 Perbandingan pembacaan sensor DHT11 dengan termometer	45
Gambar 21 Kalibrasi alkohol 7% pada serial monitor	46
Gambar 22 Grafik hubungan kadar alkohol dan tegangan sensor MQ3	46
Gambar 23 Pengujian sampel alkohol 7%	47
Gambar 24 Pembacaan sampel alkohol 7% pada serial monitor	48
Gambar 25 Modul pH dihubung pendek.....	48
Gambar 26 Tegangan mula-mula saat modul dihubung pendek.....	49
Gambar 27 Tegangan setelah potensio modul diputar	49
Gambar 28 Perbandingan pembacaan sensor pH dan pH meter	50
Gambar 29 <i>Monitoring</i> kadar alkohol dan pH tape singkong	55
Gambar 30 Fermentasi tape singkong selama 2 hari	56
Gambar 31 Fermentasi tape singkong selama 3 hari	56
Gambar 32 Fermentasi tape singkong selama 4 hari	56
Gambar 33 Dokumentasi pengujian sistem secara keseluruhan	57
Gambar 34 Tampilan status pembacaan sensor dan tape.....	58
Gambar 35 Fermentasi tape pada suhu 35°C	58
36 Fermentasi tape pada suhu 36°C	59
37 Fermentasi tape suhu 37°C.....	60
38 Fermentasi tape pada suhu 38°C	60



Gambar 39 Diagram perbandingan lama fermentasi tape singkong secara konvensional dan menggunakan sistem	61
Gambar 40 Diagram perbandingan kadar alkohol tape konvensional dan saat menggunakan sistem	62
Gambar 41 Diagram perbandingan tingkat keasaman tape konvensional dan saat menggunakan sistem	62



DAFTAR TABEL

Tabel 1 <i>State of The Art</i>	17
Tabel 2. Bahan dan alat	19
Tabel 3. Spesifikasi Arduino Uno	22
Tabel 4. Spesifikasi sensor DHT11	22
Tabel 5. Spesifikasi sensor MQ3	23
Tabel 6. Spesifikasi sensor pH	23
Tabel 7. Spesifikasi kipas DC	23
Tabel 8. Spesifikasi <i>heater</i>	23
Tabel 9. Spesifikasi adaptor	24
Tabel 10. Spesifikasi relay	24
Tabel 11. Pin komponen yang digunakan	29
Tabel 12. Nilai linguistik kadar alkohol	33
Tabel 13. Nilai linguistik tingkat keasaman	33
Tabel 14. Nilai linguistik kualitas tape	34
Tabel 15. Aturan <i>fuzzy</i> untuk mengetahui kualitas tape	35
Tabel 16. Contoh data logika <i>fuzzy</i>	36
Tabel 17. Pengujian sensor suhu	44
Tabel 18. Data kalibrasi sensor alkohol pada jarak 1 cm	45
Tabel 19. Pengujian sensor MQ3	47
Tabel 20. Pengujian sensor pH	50
Tabel 21. Aktivasi aktuator saat set poin 35°C di malam hari	51
Tabel 22. Aktivasi aktuator saat set poin 36°C di siang hari	52
Tabel 23. Aktivasi aktuator ketika set poin 37°C saat waktu subuh	53
Tabel 24. Aktivasi aktuator saat set poin 38°C di pagi hari	54
Tabel 25. Data fermentasi tape singkong secara konvensional	55
Tabel 26. Data fermentasi tape pada suhu 35°C	58
Tabel 27. Data fermentasi pada suhu 36°C	59
Tabel 28. Data fermentasi tape pada suhu 37°C	59
Tabel 29. Data Fermentasi tape pada suhu 38°C	60



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi alat	69
Lampiran 2 Pengerjaan alat dan kalibrasi sensor	70
Lampiran 3 Pembuatan tape dan pengambilan data.....	71
Lampiran 4 Program pengujian sensor pH.....	72
Lampiran 5 Program pengujian sensor alkohol	73
Lampiran 6 Program pengujian sensor suhu	74
Lampiran 7 Program pengujian aktuator suhu	75
Lampiran 8 Program integrasi sistem	77
Lampiran 9 Biaya pembuatan sistem dan alat, serta tape singkong.....	83



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Singkong atau ubi kayu adalah tanaman yang sudah sangat akrab bagi masyarakat Indonesia. Istilah cassava atau singkong sangat populer sebagai bahan makanan sehari-hari di berbagai wilayah. Tanaman ini tumbuh dengan mudah di Indonesia, yang menghasilkan produksi singkong yang melimpah. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia memiliki potensi produksi ubi kayu yang besar, dengan luas lahan penanaman mencapai 1.4 juta hektar dan produksi rata-rata mencapai 24.56 juta ton (Novi dkk, 2017). Hal ini menjadikan Indonesia sebagai produsen singkong terbesar ketiga di dunia setelah Nigeria dan Thailand. Kandungan nutrisi yang melimpah dalam ubi kayu menjadikannya sebagai sumber pangan yang sangat penting di Indonesia (Hanik dkk, 2017).

Makanan yang berbahan dasar singkong seringkali diolah menjadi berbagai hidangan, salah satunya adalah tape. Tape adalah makanan tradisional yang sangat populer karena memiliki cita rasa manis, rasa alkohol, dan asam. Tape dibuat melalui proses fermentasi atau menggunakan ragi tape. Meskipun pemanfaatan singkong sebagai tape di Indonesia sudah lumayan umum, kurangnya pengetahuan masyarakat tentang pengolahan tape dapat mengakibatkan tape yang dihasilkan kurang berkualitas. Menurut Chandra dkk (2021), tape singkong mengandung berbagai nutrisi per 100 gram, seperti 173 kalori, 0.5 gram protein, 0.1 gram lemak, 42.5 gram karbohidrat, 30 gram kalsium, 30 milligram fosfor, dan 56 gram air. Kelebihan tape adalah peningkatan kandungan vitamin B1 (tiamina) hingga 3 kali lipat, yang sangat penting untuk sistem saraf, sel otot, dan pencernaan. Hal ini disebabkan oleh keberadaan bakteri baik dalam tape yang aman untuk dikonsumsi (Wuri, P.D., 2020).

Pengolahan makanan melalui fermentasi adalah metode tradisional yang telah lama digunakan di Indonesia, terutama di tingkat rumah tangga. Proses ini mengubah zat pati dalam singkong menjadi gula dengan bantuan anisme yang disebut ragi atau khamir. Ragi tape adalah bahan yang digunakan dalam pembuatan tape, baik dari singkong maupun beras ketan.



Khamir memiliki kemampuan untuk mengubah karbohidrat menjadi alkohol dan karbon dioksida dalam proses yang dikenal sebagai fermentasi alkohol, yang merupakan proses anaerob (Devindo dkk, 2021).

Terdapat beberapa masalah dalam pembuatan tape, terutama terkait lamanya waktu produksi yang membuat produksi tape lebih lambat, rasa yang terlalu pahit karena kadar alkohol yang berlebih dan rasa yang terlalu asam akibat degradasi pati, keduanya dapat dipengaruhi oleh suhu. Oleh karena itu, penelitian berjudul “**Sistem Kendali Suhu Untuk Mempercepat Kematangan Tape Singkong Menggunakan Teknik Logika Samar (*Fuzzy*)**” menjadi relevan. Penelitian ini merupakan perancangan sistem berupa prototipe alat yang dapat melakukan kendali terhadap suhu fermentasi, untuk mempercepat kematangan tape singkong, dimana tingkat kematangan yang terukur adalah kadar alkohol dan tingkat keasaman atau pH, dengan memanfaatkan metode logika *fuzzy* sebagai hasil keluaran atau keputusan akhir mengenai kematangan tape singkong.

Dari perancangan tersebut diharapkan dapat mengatasi masalah – masalah diatas dengan mempercepat waktu produksi tape singkong sehingga produksi dapat dua kali lebih cepat dengan mengendalikan suhu fermentasi, dan menciptakan konsistensi terhadap rasa tape berdasarkan *monitoring* dan hasil keputusan yang diambil oleh logika samar (*fuzzy*). Dalam penelitian ini, logika *fuzzy* digunakan untuk menghasilkan keputusan akhir tentang tingkat kematangan tape singkong. Metode logika *fuzzy* dipilih karena memiliki konsep matematis yang sederhana dan mudah dimengerti.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada uraian latar belakang penelitian, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan sistem serta alat pengendalian suhu untuk mempercepat kematangan tape singkong?
2. Bagaimana peningkatan suhu mempengaruhi percepatan proses kematangan tape singkong?
 bagaimana efektifitas sistem pemantauan dan pengendalian dalam menentukan kematangan tape singkong?



1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang di atas, maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini, yakni:

1. Merancang sistem pemantauan dan pengendalian untuk mempercepat kematangan tape singkong.
2. Menganalisis pengaruh peningkatan suhu terhadap percepatan proses kematangan tape singkong.
3. Mengevaluasi Efektivitas Sistem Pemantauan dan Pengendalian suhu untuk mempercepat kematangan tape singkong.

1.4 Manfaat penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat seperti yang diuraikan berikut ini:

1. Bagi penulis, penelitian ini menjadi bentuk pengabdian, dan sebagai evaluasi untuk mengukur kemampuan potensi diri sendiri, serta dapat menerapkan disiplin ilmu teori dan aplikasi yang telah didapatkan selama masa perkuliahan.
2. Bagi mahasiswa, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dan bisa digunakan sebagai dasar pengembangan penelitian mengenai topik yang serupa.
3. Bagi masyarakat, penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kematangan tape singkong dengan cara pengendalian terhadap suhu.
4. Bagi Institut Pendidikan Departemen Teknik Elektro, terkhusus bidang teknik kendali, penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsi positif terhadap ilmu pengetahuan mata kuliah sistem instrumentasi, sistem kendali digital, dan sistem kendali cerdas.
5. Bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, penelitian ini diharapkan bisa menjadi pemicu kreativitas bagi para generasi muda untuk terus mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi kedepannya.



1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Variabel-variabel seperti jumlah ragi, jenis ragi, berat singkong, dan lama pengukusan tidak dipertimbangkan.
2. Penelitian ini tidak meneliti tentang proses kimia saat fermentasi tape berlangsung.

1.6 Sistematika dan Organisasi

Sebagai gambaran umum tentang keseluruhan isi dari skripsi penelitian ini, maka dipaparkan ke dalam beberapa bab sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup, serta sistematika dan organisasi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori penunjang yang relevan untuk bahan penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber ilmiah yang digunakan dalam penulisan laporan skripsi.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Berisi tentang alur proses penelitian yang meliputi, rancangan penelitian, waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat, perancangan sistem yang memiliki sub bab yakni perancangan umum sistem, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, sistem kerja alat, dan desain alat. Kemudian, teknik pengumpulan data.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan analisis penelitian yang telah dilakukan, meliputi percobaan alat, pengukuran yang dilaksanakan secara langsung, pengujian alat untuk melihat validasi hasil penelitian, serta perbandingan mengenai hasil dari alat yang dirancang dan hasil dari pengujian.



BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan akhir dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan serta tambahan yang berguna pada studi lanjut tugas akhir berikutnya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Singkong (Manihot utilissima Pohl)

Singkong yang juga dikenal sebagai ketela pohon atau ubi kayu, dalam bahasa Inggris bernama *cassava* adalah pohon tahunan tropika dan subtropika dari keluarga *Euphorbiaceae*. Umbinya dikenal luas sebagai makanan pokok penghasil karbohidrat dan daunnya sebagai sayuran. Tumbuhan ini merupakan umbi atau akar pohon yang panjang dengan fisik rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm, tergantung dari jenis singkong yang ditanam. Daging umbinya berwarna putih atau kekuning-kuningan. Singkong tidak tahan simpan meskipun ditempatkan di lemari pendingin. Gejala kerusakan ditandai dengan keluarnya warna biru gelap akibat terbentuknya asam sianida yang bersifat beracun (Lidiasari dkk, 2006).

Singkong banyak mengandung glukosa dan dapat dimakan mentah. Rasanya sedikit manis, ada pula yang pahit tergantung pada kandungan racun glikosida yang dapat membentuk asam sianida. Singkong yang rasanya manis menghasilkan paling sedikit 20 mg HCN per kilogram singkong yang masih segar, dan 50 kali lebih banyak pada singkong yang rasanya pahit (Wahjuningsih, 1990).

2.2 Tape Singkong



Gambar 1 Tape singkong



lah produk yang dihasilkan dari proses fermentasi, di mana terjadi suatu can bahan-bahan yang tidak sederhana. Zat pati yang ada dalam bahan diubah menjadi bentuk yang sederhana yaitu gula, dengan bantuan suatu

mikroorganisme yang disebut ragi atau khamir. Tape merupakan makanan fermentasi tradisional yang sudah tidak asing lagi. Tape dibuat dari beras, beras ketan, atau dari singkong (ketela pohon). Berbeda dengan makanan-makanan fermentasi lain yang hanya melibatkan satu mikroorganisme yang berperan utama, seperti tempe atau minuman alkohol, pembuatan tape melibatkan banyak mikroorganisme. Bahan pangan pada umumnya merupakan media yang sangat baik untuk pertumbuhan berbagai jenis mikroorganisme. Bahan pangan yang umumnya difermentasi adalah bahan pangan yang banyak mengandung karbohidrat dan protein (Desrosier, 1998).

2.2.1 Pembuatan tape singkong

Saat pembuatan tape, karbohidrat mengalami proses peragian oleh mikroba atau jasad renik tertentu, sehingga sifat-sifat bahan berubah menjadi lebih enak dan sekaligus mudah dicerna (Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 2005). Pada pembuatan tape singkong secara tradisional, pertama singkong dikupas lalu dicuci, kemudian ditanak. Setelah dingin dicampur dengan ragi, kemudian dimasukkan dalam wadah yang dilapisi daun pisang lalu difermentasi. Terjadilah proses fermentasi yang mengubahnya menjadi tape. Pada saat peragian ini, terjadi perubahan bentuk dari pati menjadi glukosa yang pada akhirnya menghasilkan alkohol.

Semua makanan yang mengandung karbohidrat bisa diolah menjadi tape. Tetapi sampai sekarang yang sering diolah adalah ketan dan singkong (berdaging putih atau kuning). Tape dari singkong yang berdaging kuning lebih enak dari pada yang berwarna putih, karena singkong berwarna kuning dagingnya lebih halus tanpa ada serat-serat yang kasar. Menurut Bambang Admadi Harsojuwono dalam Arixs (2005) daging singkong yang berwarna kuning bukan hanya lebih enak tetapi mempunyai kandungan vitamin A yang cukup tinggi. Proses fermentasi tape singkong harus dilakukan secara optimal. Selain memilih bahan dasar singkong yang baik, proses pembuatan tape singkong harus benar. Ragi yang



n pun harus bermutu tinggi, karena ragi merupakan bahan utama dalam pembuatan tape. Kesterilan ragi dan bahan dasar pembuatan tape singkong sangat penting. Hal ini bertujuan agar tidak dicemari

bakteri lain. Karena jika dalam proses pembuatan tape singkong dicemari bakteri lain maka proses fermentasi akan terhambat. Sehingga tape akan mengeluarkan bakteri yang sering mengeluarkan racun yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

2.2.2 Fermentasi

Proses fermentasi bahan pangan dapat berlangsung oleh adanya aktivitas beberapa jenis mikroorganisme, seperti bakteri, khamir dan kapang. Mikroba yang paling penting yaitu bakteri pembentuk asam laktat, bakteri pembentuk asam asetat dan terdapat beberapa jenis khamir penghasil alkohol. Produk-produk fermentasi antara lain tape, kecap, tauco, yogurt, pickel, kombucha dan lainnya. Fermentasi diartikan sebagai suatu proses oksidasi, reduksi yang terdapat di dalam sistem biologi yang menghasilkan energi yang mana sebagai donor dan aseptor elektron digunakan senyawa organik. Senyawa organik tersebut akan diubah menjadi sederetan reaksi yang dikatalis oleh enzim menjadi suatu bentuk lain, contohnya aldehid, alkohol dan jika terjadi oksidasi lebih lanjut akan terbentuk asam (Winarno dkk, 1990).

2.2.3 Khamir

Khamir merupakan fungi bersel tunggal sederhana, kebanyakan bersifat saprofit dan biasanya terdapat dalam tumbuh-tumbuhan yang mengandung karbohidrat. Khamir dapat diisolasi dari tanah yang berasal dari kebun anggur, kebun buah-buahan dan biasanya khamir berada di dalam cairan yang mengandung gula, seperti cairan buah, madu, sirup, dan sebagainya. Bentuk sel khamir biasanya bulat, oval, dan biasanya tidak mempunyai flagella. Pada umumnya khamir berkembang biak dengan bertunas, membelah diri dan pembentukan spora. Khamir mempunyai kemampuan untuk memecah pangan karbohidrat menjadi alkohol dan karbondioksida. Proses ini diketahui sebagai fermentasi alkohol yaitu proses anaerob. Khamir mempunyai sekumpulan enzim yang diketahui sebagai zymase yang berperan pada fermentasi senyawa gula, seperti glukosa menjadi karbondioksida (Maimuna, S., 2004).

Khamir *Saccharomyces cerevisiae* mampu mengubah gula menjadi etanol memiliki enzim invertase dan zimase yang dapat digunakan untuk versi gula dari golongan monosakarida maupun disakarida. Enzim



invertase memecah gula disakarida menjadi monosakarida, dilanjutkan oleh enzim zymase mengubah monosakarida menjadi etanol dan CO₂. Khamir ini tidak mampu mengkonversi galaktosa menjadi etanol, tetapi bekerja lebih baik pada substrat dengan kandungan glukosa.

2.2.4 Etanol

Etanol merupakan salah satu produk hasil fermentasi dari bahan yang mengandung gula sederhana, pati, atau bahan berserat lainnya. Bioproses etanol dapat diawali dengan pemecahan gula atau pati menjadi bentuk sederhana yang berlangsung dengan hidrolisis atau reaksi enzimatik (Azizah dkk, 2012).

Menurut Azizah dkk. (2012), produksi etanol umumnya dilakukan oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. *S. cerevisiae* ini memiliki beberapa kelebihan daripada mikroorganisme penghasil etanol yang lain, di antaranya adalah:

1. Tingkat adaptasi tinggi terhadap lingkungan pertumbuhan, sehingga mudah untuk dilakukan kontrol pertumbuhan.
2. Toleransi terhadap kadar alkohol tinggi, sehingga fermentasi tetap dapat berjalan karena khamir tidak mati akibat kandungan alkohol.
3. Mudah didapat karena tingkat produksi sel yang tinggi dengan memanfaatkan sifatnya yang mudah tumbuh.
4. Mampu menghasilkan alkohol cukup tinggi, yaitu 18-20% (v/v).

Proses produksi alkohol atau wine oleh *Saccharomyces cerevisiae* dipengaruhi oleh beberapa faktor. Beberapa diantaranya adalah kondisi substrat, lama fermentasi, suhu fermentasi, pH fermentasi, dan keberadaan oksigen. Pengaruh hal-hal tersebut adalah sebagai berikut:

1. Substrat fermentasi.

Substrat fermentasi etanol harus dibuat dari bahan yang mengandung gula atau karbohidrat lainnya sebagai sumber energi (Kunaepah, 2008).

2. Lama fermentasi.

Lama fermentasi dalam bioproses etanol optimal adalah 3 hari, setelah 3 hari kadar alkohol justru berkurang karena alkohol akan dikonversi menjadi senyawa lain, misalnya ester (Sari dkk., 2008).



3. Suhu fermentasi.

suhu optimal untuk fermentasi tape adalah antara 32-40°C. Suhu ini mempengaruhi pertumbuhan mikroba yang berperan dalam proses fermentasi tape. Selain itu, suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mempengaruhi kualitas tape yang dihasilkan. Pada suhu yang terlalu rendah, fermentasi tape dapat berlangsung terlalu lama dan menghasilkan tape yang terlalu keras. Sedangkan pada suhu yang terlalu tinggi, fermentasi tape dapat berlangsung terlalu cepat dan menghasilkan tape yang terlalu lembek atau bahkan busuk (Wardani, Novita Kusuma., 2022)

4. pH fermentasi.

Derajat keasaman optimal yaitu pH 2,5-6,5 karena dalam kondisi basa khamir tidak dapat tumbuh dan fermentasi tidak terjadi (Roukas, 1994).

5. Kandungan oksigen.

Khamir membutuhkan oksigen (aerob) saat pembuatan starter, tetapi tidak membutuhkan oksigen (anaerob) saat proses fermentasi.

2.2.5 Teori dasar pH

pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai $pH > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai $pH < 7$ menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaan tertinggi (Fanny dkk, 2014).

Sistem pengukuran pH mempunyai tiga bagian yaitu elektroda pengukuran pH, elektroda referensi dan alat pengukur impedansi tinggi. Istilah pH berdasarkan dari “p”, lambang matematika dari negatif logaritma, dan “H”, lambang kimia dari unsur Hidrogen.



2.3 Sistem Kontrol dan *Monitoring*

Sistem *monitoring* dan kontrol merupakan salah satu bentuk pengendalian terhadap suatu plant. Sistem ini banyak digunakan dalam penerapannya pada dilakukan untuk sektor dunia industri. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui kinerja dari suatu plant. Dewasa ini, telah banyak software yang dapat digunakan untuk melakukan sistem *monitoring* dan kontrol yang kemudian disebut sebagai HMI (*Human Machine Interface*). Pada HMI ini ditampilkan visualisasi dari plant yang sesungguhnya untuk menampilkan kinerja dari plant itu sendiri. Tujuannya dari pelaksanaan sistem ini agar dapat dilakukan fungsi *monitoring* dan kontrol tanpa harus langsung melihat ke plant di lapangan (Sodri, 2013).

2.4 Sensor pada Sistem Kontrol dan *Monitoring*

Sensor adalah perangkat input yang merekam data tentang lingkungan fisik di sekitarnya. Sensor memasukkan data ini ke dalam sistem komputer untuk diproses. Setelah data diproses, jika perlu, output dapat dipicu sebagai respon. Sensor dapat secara otomatis, memasukkan data ke dalam sistem komputer, sehingga manusia tidak perlu lagi memasukkan data secara manual. Hal ini akan sangat bermanfaat karena meningkatkan keakuratan data dengan menghilangkan kemungkinan kesalahan manusia.

Teknologi Kontrol dan *Monitoring* menggunakan banyak sensor yang berbeda. Teknologi *Monitoring* menggunakan sensor untuk memantau lingkungan, seringkali mengumpulkan data tentang lingkungan. Sistem kontrol menggunakan sensor untuk secara otomatis mengontrol elemen sistem, atau keseluruhan sistem, dengan menggunakan data dari sensor untuk memicu *feedback* (Syhni, S., 2018).

Konsep dasar di balik sebagian besar sistem kontrol dan *monitoring* sangat mirip. Biasanya keduanya akan melalui langkah-langkah berikut:

1. Sensor akan terus memantau lingkungan sekitar
2. Pembacaan data dari sensor biasanya analog. Oleh karena itu, akan diubah menjadi sinyal digital untuk diproses oleh sistem komputer. Ini dilakukan oleh konverter analog ke digital



3. Sinyal digital kemudian dikirim ke mikroprosesor. Mikroprosesor memproses nilai dan membandingkannya dengan nilai atau rentang nilai yang telah ditentukan sebelumnya.
4. Jika nilainya berada di luar rentang yang dapat diterima, mikroprosesor akan mengirimkan sinyal ke aktuator untuk memicu tindakan apa pun yang perlu diambil.

2.5 Fuzzy Logic

Fuzzy logic adalah metodologi pemecahan masalah dengan ribuan aplikasi dalam pengendali yang tersimpan dan pemrosesan informasi. *Fuzzy logic* menyediakan cara sederhana untuk menggambarkan kesimpulan pasti dari informasi yang ambigu, samar-samar, atau tidak tepat. Sedikit banyak, *fuzzy logic* menyerupai pembuatan keputusan pada manusia dengan kemampuannya untuk bekerja dari data yang ditafsirkan dan mencari solusi yang tepat (Wahyuni. I., 2023).

Fuzzy logic pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (multivalued logic) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan konvensional seperti ya atau tidak, benar atau salah, hitam atau putih, dan sebagainya. Penalaran *fuzzy* menyediakan cara untuk memahami kinerja dari system dengan cara menilai input dan output system dari hasil pengamatan. Beberapa alasan penggunaan logika *fuzzy*:

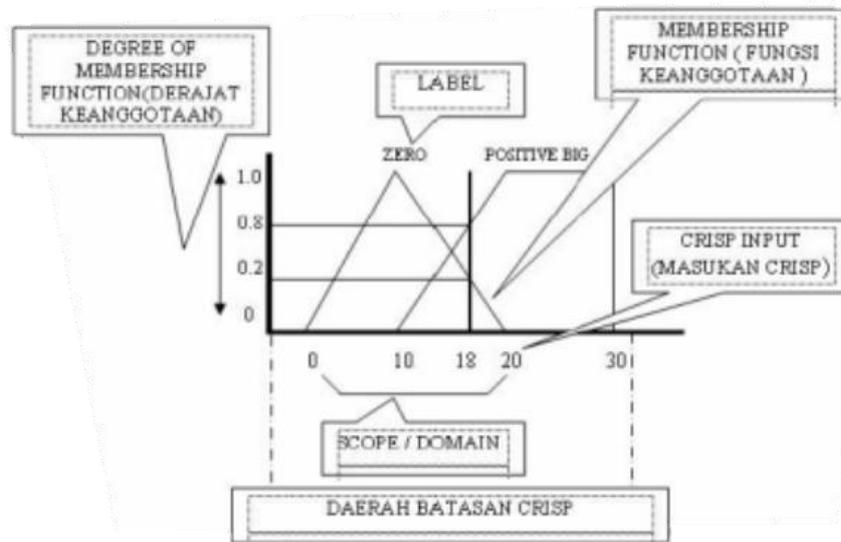
- a. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti.
- b. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
- c. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang kurang tepat.
- d. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi non linier yang kompleks
- e. Logika *fuzzy* didasari pada bahasa alami.

Profesor Lotfi A. Zadeh adalah guru besar pada University of California yang merupakan pencetus sekaligus yang memasarkan ide tentang cara mekanisme pengolahan atau manajemen ketidakpastian yang kemudian dikenal dengan logika *fuzzy*. Dalam penyajiannya variabel-variabel yang akan digunakan harus cukup



mbarkan sistem *fuzzy* tetapi di lain pihak persamaan-persamaan yang n dari variable-variabel itu haruslah cukup sederhana sehingga sinya menjadi cukup mudah. Karena itu Profesor Lotfi A Zadeh

kemudian memperoleh ide untuk menyajikannya dengan menentukan “derajat keanggotaan” (membership function) dari masing-masing variabel nya.



Gambar 2 Konsep dasar *fuzzy logic*

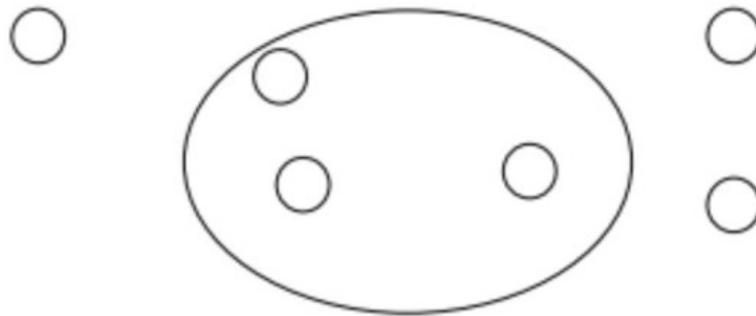
Fungsi keanggotaan (membership function), Sudradjat adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik input data kedalam nilai keanggotaanya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

- a. Derajat Keanggotaan (membership function) adalah: derajat dimana nilai crisp dengan fungsi keanggotaan (dari 0 sampai 1), juga mengacu sebagai tingkat keanggotaan, nilai kebenaran, atau masukan *fuzzy*.
- b. Label adalah nama deskriptif yang digunakan untuk mengidentifikasi sebuah fungsi keanggotaan
- c. Fungsi Keanggotaan adalah mendefinisikan *fuzzy* set dengan memetakan masukan crisp dari domainnya ke derajat keanggotaan.
- d. Masukan Crisp adalah masukan yang tegas dan tertentu.
- e. Lingkup/Domain adalah lebar fungsi keanggotaan. Jangkauan konsep, biasanya bilangan.
- f. Tempat dimana fungsi keanggotaan dipetakan.



Daerah Batasan Crisp adalah jangkauan seluruh nilai yang dapat aplikasikan pada variabel sistem.

Pada teknik digital, Dubois dan Prade, dikenal dua macam logika yaitu 0 dan 1 serta tiga operasi dasar yaitu NOT, AND dan OR. Logika semacam ini disebut dengan *crisp logic*. Logika ini sering dipergunakan untuk mengelompokkan suatu himpunan. Sebagai contoh, akan dikelompokkan beberapa macam hewan, yaitu 'hiu', 'kakap', 'pari', 'kucing', 'kambing', 'ayam' ke dalam himpunan ikan. Sangat jelas bahwa hiu, kakap dan pari adalah anggota himpunan ikan sedangkan kucing, kambing, ayam adalah bukan anggotanya, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

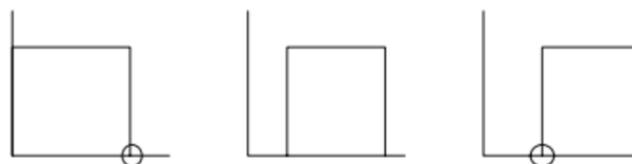


Gambar 3 Pengelompokkan beberapa hewan ke himpunan ikan

Namun kadang kala ditemui pengelompokkan yang tidak mudah. Misalkan variabel umur dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

- Muda : umur < 35
 Paruh baya : $35 \leq \text{umur} \leq 55$
 Tua : umur > 55 tahun

Nilai keanggotaan secara grafis, himpunan muda, paruh baya, dan tua dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Pengelompokkan umur ke himpunan kategori usia *crisp logic*

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa:

pabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan muda ($\mu_{\text{muda}} [34] =$



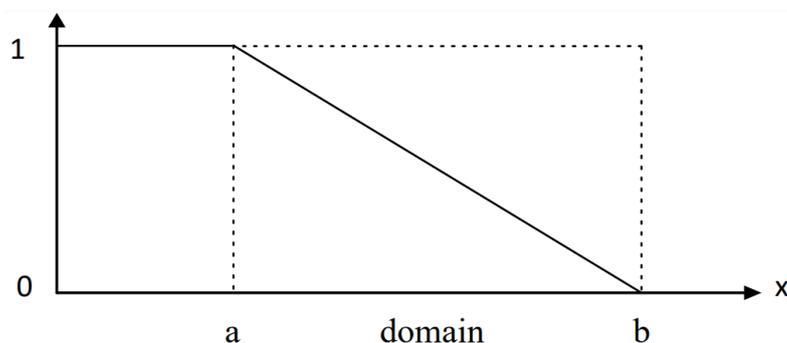
- b) Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan tidak muda ($\mu_{\text{muda}} [35] = 0$)
- c) Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan tidak muda ($\mu_{\text{muda}} [35\text{th} - 1\text{hr}] = 0$)
- d) Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan paruh baya ($\mu_{\text{paruh baya}} [35] = 0$)
- e) Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan tidak paruh baya ($\mu_{\text{paruh baya}} [34] = 0$)
- f) Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan tidak paruh baya ($\mu_{\text{paruh baya}} [35\text{th} - 1\text{hr}] = 0$)

Dari sini bisa dikatakan bahwa pemakaian himpunan *crisp* untuk menyatakan umur sangat tidak adil, adanya perubahan kecil saja pada suatu nilai mengakibatkan perbedaan kategori yang cukup signifikan. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut (Rizqiah, D.A., 2020).

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan :

A. Representasi linear

Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



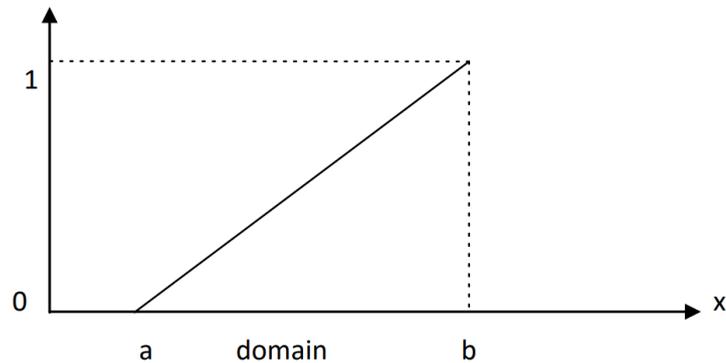
Gambar 5 Representasi linear turun

ngsi keanggotaan:



$$\mu_x = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



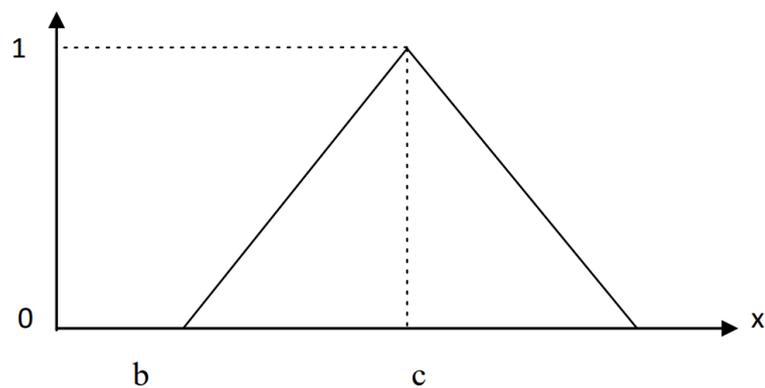
Gambar 6 Representasi linear naik

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_x = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

B. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear).



Gambar 7 Representasi kurva segitiga

Fungsi keanggotaan:



$$\mu_x = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (3)$$

2.6 State of The Art

Berikut ini merupakan penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini:

Tabel 1 *State of The Art*

No.	Penulis	Judul Penelitian	Hasil yang Dicapai
1	Rizqiah Dwi Agustin (2020)	Sistem <i>Monitoring</i> Suhu Penyimpanan dan Waktu Fermentasi Pada Kematangan Tape Ubi Jalar Berbasis Internet Of Things	Perancangan sistem <i>monitoring</i> suhu yang dapat menjaga kestabilan temperatur pada saat proses fermentasi berlangsung berbasis <i>IOT</i> .
2	Muh. Rifki, Ayu Novia Lisdawati, Saiful Karim (2020)	Uji Kinerja Alat Booster Fermentasi Tape Ketan	Perancangan alat untuk mempercepat kematangan tape ketan dengan memberikan variabel kontrol berupa suhu yang berbeda-beda, didapatkan hasil kematangan yang lebih cepat sehari daripada fermentasi tape konvensional.
3	Maulana Kussuma, Rahadi Wirawan, Nurul Omariyah (2020)	Rancang Bangun Sistem <i>Monitoring</i> Gas Alkohol pada Fermentasi Ketan Berbasis Sensor TGS 2620	Sistem <i>monitoring</i> kandungan gas alkohol pada fermentasi ketan berbasis sensor TGS 2620 pada Arduino Uno dan modul Data Logger mampu mendeteksi kadar alkohol. Hasil <i>monitoring</i> kandungan alkohol pada fermentasi ketan yaitu kadar alkohol akan semakin tinggi seiring dengan penambahan ragi dan waktu inkubasi yang diberikan.



No.	Penulis	Judul Penelitian	Hasil yang Dicapai
4	Nurul Isnainin, Miftachul Ulum, Koko Joni (2020)	Rancang Bangun Indikator Berat, Temperatur dan Kadar Alkohol Pada Proses Fermentasi Singkong (Tape) Dengan Metode <i>Fuzzy</i> Berbasis Microcontroller Atmega 16	Sistem yang dirancang adalah tipe inkubator yang dilengkapi dengan sensor Loadcell, MQ-3 dan DHT11, digunakan logika <i>fuzzy</i> tsukamoto untuk mengatur kecepatan putar kipas dan penyalaan <i>heater</i> . Hasil penelitian didapatkan bahwa alat mampu menghasilkan tape dengan lebih efisien karena hanya berlangsung kurang lebih 24 jam, yang artinya meningkatkan hasil produksi tape hingga 2 kali lipat dari fermentasi manual.
5	Moh. Noufal Abdillah (2016)	Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kualitas Tape Singkong dengan Sensor MQ3 Dan Sensor LDR Berbasis <i>Fuzzy logic</i>	Perancangan alat yang dapat mendeteksi kematangan tape singkong dengan metode <i>fuzzy</i> , menggunakan sensor MQ3 yang dapat membaca kadar alkohol, dan sensor LDR yang dapat membaca kadar gula pada tape. Namun didapatkan hasil pembacaan kadar gula yang tidak terlalu signifikan menggunakan sensor LDR.

