



Analisis logika Fuzzy Sugeno dan Pengambilan Keputusan untuk meningkatkan produksi roti manis pada Tandi's Homemade Bakery

Frea Marva Zerlinda¹✉, Muhammad Zulfa Zaidan², Nur Akifah³, Safira Putri Devrida⁴, Helsan Davidson Sinaga⁵

Program Studi Manajemen Industri Sekolah Vokasi IPB University, Bogor, Indonesia^(1,2,3,4,5)

DOI: [10.31004/jutin.v7i4.37688](https://doi.org/10.31004/jutin.v7i4.37688)

✉ Corresponding author:

[freamarva@apps.ipb.ac.id]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Logika Fuzzy Sugeno;

Analytical Hierarchy Process (AHP);

Produksi Roti;

Pengambilan Keputusan;

UMKM Tandi's Homemade Bakery menghadapi tantangan dalam meningkatkan kualitas dan jumlah produksi roti manis, terutama dalam mengoptimalkan proses produksi dan menentukan strategi yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengambilan keputusan berbasis metode logika *Fuzzy Sugeno* dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sebagai pendekatan untuk mendukung peningkatan produksi. Metode *Fuzzy Sugeno* digunakan untuk mengevaluasi tingkat kematangan roti berdasarkan parameter waktu pengadukan adonan 43 menit, suhu pemanggangan 173°C, dan waktu pemanggangan 60 menit, dengan tujuan menentukan kondisi optimal untuk menghasilkan kualitas roti yang baik. Sementara itu, metode AHP diterapkan untuk menetapkan alternatif strategi peningkatan produksi dengan mendasarkan analisis pada kriteria seperti kualitas hasil, efisiensi penggunaan bahan baku, dan biaya operasional. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan kombinasi metode *Fuzzy Sugeno* dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dapat memberikan rekomendasi perencanaan yang terstruktur menggunakan metode yang sesuai untuk mendukung pengambilan keputusan pihak UMKM Tandi's Homemade Bakery dalam meningkatkan produksi roti manis dengan kualitas yang baik.

Abstract

Keywords:

Sugeno Fuzzy Logic;

Analytical Hierarchy

Process (AHP);

Bread Production;

Decision Making;

Tandi's Homemade Bakery, a small-medium enterprise, faces challenges in improving the quality and quantity of its sweet bread production, particularly in optimizing the production process and determining effective strategies. This study aims to analyze decision-making using the Fuzzy Sugeno Logic and Analytical Hierarchy Process methods as approaches to support production enhancement. The Fuzzy Sugeno method is applied to evaluate bread maturity levels based on parameters such as dough kneading time of 43 minutes, baking temperature of

173 degrees Celsius, and baking time of 60 minutes, with the goal of identifying optimal conditions to achieve high-quality bread. Meanwhile, the Analytical Hierarchy Process method is employed to establish alternative strategies for production improvement by analyzing criteria such as product quality, raw material efficiency, and operational costs. The findings suggest that integrating Fuzzy Sugeno and Analytical Hierarchy Process methods can provide structured planning recommendations, supporting Tandi's Homemade Bakery in making informed decisions to enhance sweet bread production with superior quality.

1. INTRODUCTION

Di era globalisasi yang semakin kompleks, pengambilan keputusan yang efektif dan efisien menjadi semakin penting di berbagai bidang, mulai dari bisnis hingga kehidupan sehari-hari. Kompleksitas suatu permasalahan seringkali dikaitkan dengan berbagai faktor yang subjektif dan tidak pasti. Contoh faktor subjektif dan tidak pasti di dalam bisnis adalah pada saat penentuan metode produksi dan pengaruhnya terhadap kualitas hasil.

Ketika masalah menjadi lebih kompleks, pengambilan keputusan menjadi semakin sulit dan seringkali memerlukan data dalam jumlah besar dan pertimbangan pilihan alternatif. Hal ini memerlukan cara yang efektif dan efisien untuk menganalisis informasi dan memilih solusi terbaik. Dalam konteks ini, metode logika *fuzzy* dan Analytical Hierarchy Process (AHP) telah menarik perhatian peneliti. Penerapan metode AHP dapat mengidentifikasi kriteria yang paling relevan dalam menentukan target baru yang efektif (Fawait & Rahmah, 2024) dan metode logika *fuzzy* dapat digunakan untuk memodelkan ketidakpastian yang sering terjadi pada data dunia nyata (Arini, Maulana, Pranajelita, & Sari, 2023).

Logika *Fuzzy* merupakan cabang ilmu yang memfokuskan pada kajian tentang ketidakpastian (Wicaksana, Hastono, & Solikhah, 2024). Logika *fuzzy* digunakan untuk mengatasi kelemahan sistem klasik yang tidak dapat menangani data yang tidak pasti dan tidak jelas (Pratama, Purba, Oktaviansyah, & Andani, 2024). Logika *fuzzy* dapat mengidentifikasi keadaan ketidakpastian jumlah permintaan sehingga produsen dapat memproduksi produk yang dapat diterima oleh konsumen (Santosa, Hidayat, & Siskandar, 2021). Berbeda dengan logika tradisional, kebenaran dalam logika *fuzzy* dinyatakan sebagai derajat atau nilai antara 0 dan 1 (Arini, Maulana, Pranajelita, & Sari, 2023). Semua variabel yang berpengaruh dalam proses perhitungan dapat dimasukkan ke dalam model matematika *fuzzy* dan dapat didefinisikan sebagai bilangan *fuzzy* sehingga model yang dikeluarkan sesuai dengan kondisi variabel yang mempengaruhinya (Santosa, Irawan, & Ardani, 2021).

Fuzzy sendiri memiliki 3 jenis metode penyelesaian yaitu, mamdani, tsukamoto, dan sugeno. Metode mamdani memetakan variabel input ke variabel output menggunakan Saturn *fuzzy* yang memungkinkan Saturn linguistic digunakan pada saat pengambilan keputusan (Sihombing, 2024). Dalam metode Tsukamoto, setiap konsekuensi dari aturan IF-THEN harus direpresentasikan sebagai himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Hasil inferensi dari setiap aturan diberikan sebagai nilai tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*firesstrength*) (Maryam, Bu'ulolo, & Hatmi, 2021). Metode Sugeno berkaitan dan berdekatan dengan penarikan kesimpulan yang dilakukan oleh metode Mamdani yaitu, output metode sugeno tidak berupa himpunan *Fuzzy* (persamaan atau konstanta). Fungsi keanggotaannya memiliki derajat keanggotaan 1 pada satu nilai *crisp*, sedangkan pada hal yang lain bernilai 0 (Yunan & Ali, 2020).

Dalam penelitian ini, digunakan pendekatan logika *fuzzy* sugeno yang dirancang untuk menghasilkan model sederhana dan lebih mudah diterapkan, terutama dalam sistem kontrol dengan menggabungkan beberapa kriteria terkait. Metode ini menggunakan berbagai fungsi keanggotaan untuk masing-masing kriteria (Pratama, Purba, Oktaviansyah, & Andani, 2024). Tahapan proses pada metode logika *fuzzy* sugeno meliputi *fuzzifikasi* yaitu mengubah data input numerik (tegas) menjadi nilai *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan, penerapan aturan (rule) yang berguna untuk menentukan bagaimana input *fuzzy* akan menghasilkan *output fuzzy* dan *defuzzifikasi* mengubah output *fuzzy* kembali menjadi nilai numerik (tegas). Metode ini memungkinkan perumusan kesimpulan yang jelas dari informasi yang mungkin ambigu, tidak pasti, atau samar (Purnama & Amanda, 2022).

Metode lainnya yaitu Analytical Hierarchy Process (AHP) memiliki mekanisme untuk mengukur tingkat konsistensi penilaian pengambil keputusan. Pengambilan keputusan merupakan proses penting yang melibatkan berbagai kriteria dan alternatif yang harus dibandingkan secara obyektif. AHP membantu pengguna dalam mengorganisasikan preferensi dan kriteria yang kompleks menjadi pilihan yang terstruktur. AHP mendukung

pengambil keputusan untuk memilih alternatif terbaik (Cristian, Nurcahyo, & Faizah, 2024). Metode AHP merupakan langkah atau tahapan operasional dalam program pengendalian kualitas produk dengan menentukan tingkatan faktor, menentukan tingkatan tujuan, menentukan alternatif strategi untuk mengetahui prioritas usulan perbaikan dalam peningkatan produksi roti manis (Chandra & Ratnamurni, 2022). Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) terasa fleksibel, relevan, dan andal untuk digunakan sebagai alat dalam menyelesaikan berbagai permasalahan termasuk permasalahan pada Roti Tandis (Arni, Yahya, Umar, Merdewiningsi, & Aziz, 2023). Proses penyusunan AHP diawali dengan pembuatan struktur hierarki yang dilanjutkan dengan memasukkan kriteria dan sub-kriteria ke dalam matriks berpasangan. Penyusunan kriteria dan sub-kriteria ke dalam matriks berpasangan dilakukan untuk memperoleh nilai dan bobot dari setiap faktor yang akan menunjukkan tingkat kepentingan dan pengaruh faktor tersebut (Slamet, Wahyudi, & Albaab, 2023). Penelitian ini menggunakan metode AHP sebagai metode pendukung keputusan dikarenakan kelebihan AHP dalam menggambarkan hubungan antar kriteria, atribut dan alternatif melalui struktur hierarki keputusan. Setiap konflik kriteria dan alternatif dapat dilakukan berdasarkan matriks perbandingan berpasangan sehingga tidak didasarkan pada subjektivitas pengambil keputusan, dan terdapat perhitungan konsistensi setiap perbandingan berpasangan yang memiliki nilai yang telah ditetapkan (Mahrani, Subroto, Sono, Titop, & Tukiyo, 2023).

Dalam dunia bisnis yang semakin kompetitif, pengambilan keputusan yang tepat dalam berbagai aspek produksi merupakan hal yang sangat penting bagi keberlanjutan dan pertumbuhan UMKM. Namun, banyak UMKM yang masih mengandalkan intuisi dan pengalaman pribadi dalam mengambil keputusan tanpa didukung metode yang lebih sistematis dan objektif. Disinilah metode *fuzzy Sugeno* dan AHP dapat memberikan potensi besar untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan. Kedua metode ini dapat mengatasi ketidakpastian dan kompleksitas yang sering dihadapi. Logika *Fuzzy Sugeno* dapat memodelkan pengetahuan dan pengalaman produsen dalam bentuk aturan *fuzzy* yang lebih fleksibel dan metode AHP membantu dalam pembuatan hierarki permasalahan, membandingkan berbagai pilihan, dan menentukan bobot relatif dari berbagai kriteria. Dengan begitu, proses pengambilan keputusan pada Tandi's Homemade Bakery lebih terstruktur dan objektif.

2. METHODOLOGY

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui simulasi model logika *fuzzy Sugeno* dan model *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Simulasi model logika *fuzzy Sugeno* dilakukan untuk meningkatkan produksi roti manis pada Tandi's Homemade Bakery. Model ini dirancang untuk menganalisis pengaruh waktu pengadukan, waktu pemanggangan dan suhu pemanggangan sebagai variabel input terhadap *output* kualitas kematangan roti manis. Model *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dirancang untuk membantu proses pengambilan keputusan mengenai suatu tujuan di Tandi's Homemade Bakery melalui struktur hierarki. Struktur hierarki yang diperlukan Tandi's Homemade Bakery memiliki 4 level untuk mengambil keputusan mengenai peningkatan jumlah produksi roti manis di Tandi's Homemade Bakery.

Tahap penelitian dimulai dari studi literatur mengenai *fuzzy Sugeno* dan AHP, kemudian diikuti dengan proses pengambilan data melalui wawancara. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah untuk dan dilakukan evaluasi dan diakhiri dengan pembuatan kesimpulan dari hasil.



2.2 Fuzzifikasi

Input tegas atau nilai "*crisp*" yang dimasukkan ke dalam ruang input dianggap sebagai sinyal pemicu. Sinyal-sinyal ini mengaktifkan aturan-aturan yang memiliki nilai keanggotaan bukan nol dalam himpunan *fuzzy* yang digunakan dalam aturan-aturan tersebut. *Fuzzifikasi* tidak lain adalah pengaktifan aturan-aturan. Nilai "*crisp*" diubah menjadi fungsi keanggotaan *fuzzy* dari aturan yang aktif. Setelah *fuzzifikasi*, satu nilai keanggotaan dari setiap semesta input diperoleh pada *output fuzzifikasi* (Altaş, 2024). Proses *fuzzifikasi* melibatkan transformasi variabel masukan menjadi variabel himpunan *fuzzy* dengan membandingkan variabel masukan terhadap beberapa nilai batas (Wicaksana, Hastono, & Solikhah, 2024).

Sebelum melakukan *fuzzifikasi*, dilakukan terlebih dahulu penentuan variabel yang dilihat dari hasil wawancara dengan pakar (Susanti, 2022). Pada analisis ini, variabel input yang akan digunakan yaitu waktu

pengadukan, waktu pemanggangan, dan suhu pemanggangan. Sedangkan untuk variabel *outputnya* berupa tingkat kematangan.

Tabel 1 Data Variabel Input-Output Fuzzy

Fungsi	Variabel	Range
Input 1	Waktu Pengadukan	30 – 50
Input 2	Waktu Pemanggangan	30 – 80
Input 3	Suhu Pemanggangan	150 – 185
<i>Output</i>	Tingkat Kematangan	3 – 15

2.3 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan fuzzy dapat dianggap sebagai penghubung antara data yang tidak pasti dan dunia fuzzy. Fungsi keanggotaan fuzzy didefinisikan dalam interval [0, 1]. Nilai terendah 0 berarti tidak ada keikutsertaan dalam himpunan fuzzy yang bersangkutan, sedangkan nilai tertinggi 1 berarti keikutsertaan penuh. Fungsi keanggotaan yang meng karakterisasi himpunan fuzzy dan agregasi yang dilakukan dengan menggunakan fungsi keanggotaan tersebut merupakan dasar dari himpunan fuzzy dan sistem logika fuzzy (Altaş, 2024). Pada penelitian ini, fungsi keanggotaan triangular adalah fungsi yang digunakan.

Fungsi keanggotaan triangular adalah salah satu fungsi keanggotaan yang paling sederhana dan paling umum digunakan untuk mendesain sistem logika fuzzy. Atribut mendasar dari fungsi keanggotaan triangular yang membedakannya dari fungsi keanggotaan lainnya adalah batasnya bervariasi secara linear dari tingkat keanggotaan tertinggi hingga terendah dan hanya ada 1 elemen diskrit yang memiliki nilai keanggotaan tertinggi (Jain & Sharma, 2020).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (x - a)/(b - a) & a < x \leq b \\ (c - x)/(c - b) & b < x \leq c \\ 0, & x \geq c \end{cases} \quad (1)$$

2.4 Fuzzy Rule Base

Fuzzy Rule Base atau Basis aturan fuzzy adalah otak dari algoritma penalaran fuzzy. Aturan-aturan tersebut merepresentasikan perilaku operasional dari sebuah sistem, proses keputusan, dan pemikiran seorang pakar. Oleh karena itu, pembangunan sistem basis aturan sangat penting untuk mendapatkan keputusan yang benar. Ide, pengetahuan, intuisi, dan trik dari seorang pakar dimasukkan ke dalam sebuah proses keputusan yaitu dalam basis aturan (*rule base*). Dalam masalah teknis, aturan dikembangkan berdasarkan karakteristik input-output sistem. Setelah *fuzzyifikasi*, nilai keanggotaan fuzzy diperoleh dari setiap semesta input untuk setiap aturan yang sesuai dengan input *crisp* (Altaş, 2024). *Fuzzy rule base* akan menentukan operator fuzzy berdasarkan nilai derajat keanggotaan yang diperoleh dari nilai variabel.

Model fuzzy sugeno dideskripsikan dengan aturan "IF-THEN" yang merepresentasikan hubungan input *output* dari sebuah sistem non-linier (Benzaouia & Hajjaji, 2014). Aturan fuzzy yang digunakan adalah Ri: If X_1 is A_1^i and X_2 is A_2^i , and ... X_m is A_m^i Then Y is B^i ; $i = 1, 2, n$ dengan hubungan operator fuzzy yang digunakan adalah "and" sehingga nilai operator yang dipilih pada proses *defuzzyifikasi* adalah nilai "Min" (Santosa, Hidayat, & Siskandar, 2022).

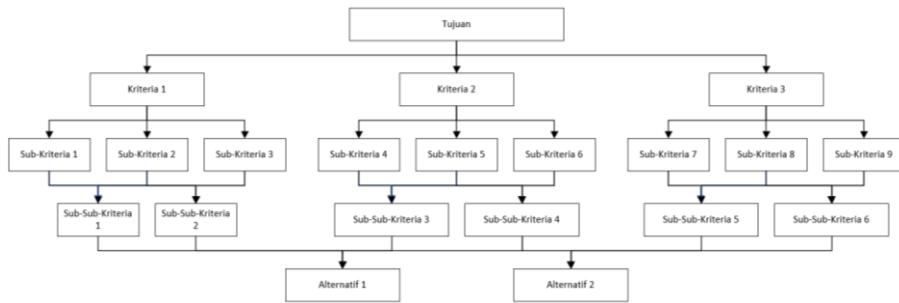
2.5 Defuzzyifikasi

Defuzzyifikasi dilakukan untuk mengubah kesimpulan fuzzy menjadi nilai *crisp*. *Defuzzyifikasi* dapat dijelaskan sebagai ekstraksi nilai *crisp* tunggal dari suatu area yang mewakili kesimpulan fuzzy dari proses penalaran fuzzy. Metode Center of Area (COA) adalah metode yang paling banyak digunakan dalam aplikasi kontrol logika fuzzy. Dalam metode ini, *output crisp* adalah titik yang sesuai dengan pusat area yang diperoleh sebagai gabungan area dari masing-masing aturan (Altaş, 2024).

$$Z^* = \frac{\int_a^b F(x) x \cdot dx}{\int_a^b F(x) dx} \quad (2)$$

2.6 Hierarki AHP

Langkah pertama dalam proses AHP adalah menyusun hierarki AHP, yang bertujuan untuk memecah permasalahan menjadi struktur yang lebih mudah dianalisis (Mu & Pereyra-Rojas, 2017). Hierarki ini dimulai dengan menetapkan tujuan utama, diikuti oleh kriteria yang dianggap penting untuk mencapai tujuan tersebut.



Gambar 1 Susunan Hierarki AHP

2.7 Perbandingan Berpasangan

Tahap kedua pada proses AHP adalah memberikan penilaian kepentingan kepada seluruh kriteria, sub-kriteria, sub-sub-kriteria, dan alternatif. Hal ini dikarenakan tidak seluruhnya memiliki nilai kepentingan yang sama (Mu & Pereyra-Rojas, 2017). Penilaian tingkat kepentingan dilakukan dengan cara perbandingan berpasangan. dalam metode AHP, digunakan Skala Saaty untuk mengukur tingkat preferensi atau kepentingan suatu elemen dibandingkan dengan elemen lainnya. Proses perbandingan berpasangan dilakukan menggunakan kuesioner yang dibagikan kepada narasumber yaitu seorang kepala chef UMKM Tandi's Homemade Bakery. Pada tahap perbandingan berpasangan, dibuat tabel Saaty dengan penilaian 1-9. Nilai yang terdapat pada tabel kemudian dihitung untuk mendapatkan prioritas relatif (Fawait & Rahmah, 2024).

2.8 Perhitungan Nilai Vektor Prioritas

Nilai VP menunjukkan nilai prioritas relatif dari setiap kriteria atau alternatif yang dibandingkan.

$$VP = \frac{VE}{\sum VE} \quad (3)$$

Di mana VE merupakan vektor eigen yang didapatkan dari hasil akar pangkat n dari jumlah perkalian nilai perbandingan berpasangan a_{ij} .

2.9 Perhitungan Indeks Konsistensi (CI)

Penentuan bobot kriteria dalam AHP hanya bermakna jika matriks perbandingan konsisten atau mendekati konsisten. Untuk mengukur konsistensi ini, diperlukan perhitungan angka Consistency Index (CI) (Mu & Pereyra-Rojas, 2018).

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (4)$$

2.10 Evaluasi Konsistensi

Konsistensi dalam perbandingan sangat penting dalam metode AHP karena melibatkan banyak perbandingan antar elemen, dan ketidakkonsistenan dalam penilaian dapat menghasilkan keputusan yang tidak valid atau tidak rasional (Mu & Pereyra-Rojas, 2017). Untuk memastikan hasil yang diperoleh dapat dipercaya, konsistensi perbandingan harus diperiksa. Evaluasi ini dilakukan dengan menghitung *Consistency Ratio* (CR), yang digunakan untuk mengukur sejauh mana perbandingan yang dilakukan tetap konsisten dengan logika yang diterapkan (Fawait & Rahmah, 2024). Indeks ini menunjukkan apakah penilaian terhadap hubungan antar elemen dalam hierarki sudah sesuai dengan prinsip rasionalitas.

$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (5)$$

Random Index (RI) adalah sebuah nilai acuan yang digunakan untuk mengukur tingkat konsistensi dari perbandingan berpasangan yang telah dibuat. *Random Index* diperoleh dari rata-rata indeks konsistensi (CI) dari sejumlah besar matriks perbandingan berpasangan yang dihasilkan secara acak (Mu & Pereyra-Rojas, 2018). Nilai *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,10 atau kurang dianggap cukup konsisten sehingga analisis AHP bisa dilanjutkan.

Namun, jika nilai CR lebih dari 0,10, maka diperlukan peninjauan ulang pada penilaian yang diberikan untuk mencari sumber inkonsistensi dan memperbaikinya (Mu & Pereyra-Rojas, 2017).

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1 Hasil Analisis Fuzzy Sugeno

Data yang digunakan untuk analisis pada penelitian ini terdiri dari input dan *output*. Pada fungsi input, terdapat variabel waktu pengadukan, waktu pemanggangan, dan suhu pemanggangan. Masing-masing variabel memiliki 3 parameter yang mengartikan bahwa bentuk fungsi keanggotaannya adalah triangular. Sedangkan data yang dianalisis sebagai *output* adalah tingkat kematangan roti manis. Pendekatan yang digunakan untuk menentukan tingkat kematangan roti manis yang sesuai berdasarkan waktu pengadukan, waktu pemanggangan, dan suhu pemanggangan.

Tabel 2 Data Fuzzy Sugeno Tandi's Homemade Bakery

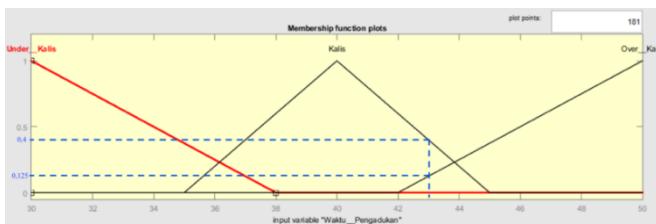
Variabel	Parameter	Domain	Range
Waktu Pengadukan	Under kalis	[30 – 38]	30 – 50
	Kalis	[35 – 45]	
	Over kalis	[42 – 50]	
Suhu Pemanggangan	Rendah	[150 – 165]	150 – 185
	Sedang	[160 – 175]	
	Tinggi	[170 – 185]	
Waktu Pemanggangan	Sebentar	[30 – 50]	30 – 80
	Sedang	[40 – 66]	
	Lama	[56 – 80]	
Tingkat Kematangan	Baik	[15]	3 – 15
	Sedang	[9]	
	Buruk	[3]	

Data yang diuji untuk menganalisis nilai keanggotaan himpunan fuzzy adalah untuk produksi periode berikutnya dengan variabel waktu pengadukan 43, suhu pemanggangan 173, dan waktu pemanggangan 60. Berikut ini adalah proses perhitungannya

- Fungsi keanggotaan untuk variabel waktu pengadukan dengan nilai input 43

$$\mu_{Kalis} = \frac{(c-x)}{(c-b)} = \frac{(45-43)}{(45-40)} = 0.4$$

$$\mu_{Over\ Kalis} = \frac{(x-a)}{(b-a)} = \frac{(43-42)}{(50-42)} = 0.125$$

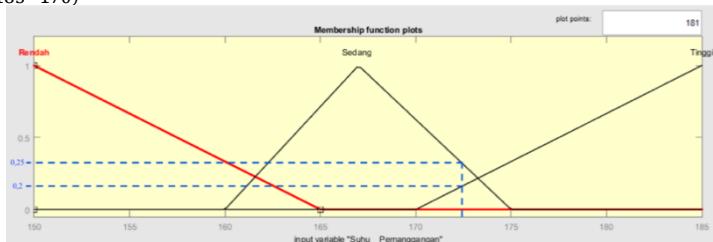


Gambar 2 Fungsi Keanggotaan Waktu Pengadukan

- Fungsi keanggotaan untuk variabel suhu pemanggangan dengan nilai input 173

$$\mu_{Suhu\ Sedang} = \frac{(c-x)}{(c-b)} = \frac{(175-173)}{(175-167)} = 0.25$$

$$\mu_{Suhu\ Tinggi} = \frac{(x-a)}{(b-a)} = \frac{(173-170)}{(185-170)} = 0.2$$

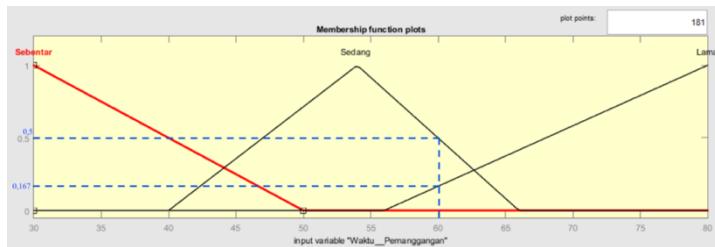


Gambar 3 Fungsi Keanggotaan Suhu Pemanggangan

- c. Fungsi keanggotaan untuk variabel waktu pemanggangan dengan nilai input 60

$$\mu_{Waktu\ Sedang} = \frac{(c-x)}{(c-b)} = \frac{(66-60)}{(66-54)} = 0.5$$

$$\mu_{Waktu\ Lamai} = \frac{(x-a)}{(b-a)} = \frac{(60-56)}{(80-56)} = 0.167$$



Gambar 4 Fungsi Keanggotaan Waktu Pemanggangan

Setelah dilakukan proses *fuzzyifikasi* dari tiap himpunan *fuzzy*, langkah berikutnya adalah melakukan pembentukan aturan logika *fuzzy* (*fuzzy rule base*). Aturan implikasi *fuzzy* dapat diperoleh dengan menggabungkan parameter dari setiap variabel input. Ketiga variabel input mempunyai tiga parameter, maka perhitungan *fuzzy rule base* yang dapat dilakukan adalah 3^3 . Hal ini berarti ada 27 *fuzzy rule base*. Aturan-aturan ini menghubungkan variabel input melalui pernyataan *IF-THEN* dengan nilai operator yang digunakan adalah nilai MIN. Berikut adalah susunan *fuzzy rule base* yang terbentuk

Tabel 3 Fuzzy Rule Base

No.	Rule
R1	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Under Kalis and Suhu Pemanggangan Rendah <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sebentar <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R2	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Under Kalis and Suhu Pemanggangan Rendah <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sedang <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R3	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Under Kalis and Suhu Pemanggangan Rendah <i>and</i> Waktu Pemanggangan Lama <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R4	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Under Kalis and Suhu Pemanggangan Sedang <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sebentar <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R5	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Under Kalis and Suhu Pemanggangan Sedang <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sedang <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R6	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Under Kalis and Suhu Pemanggangan Sedang <i>and</i> Waktu Pemanggangan Lama <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R7	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Under Kalis and Suhu Pemanggangan Tinggi <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sebentar <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R8	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Under Kalis and Suhu Pemanggangan Tinggi <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sedang <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R9	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Under Kalis and Suhu Pemanggangan Tinggi <i>and</i> Waktu Pemanggangan Lama <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R10	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Kalis and Suhu Pemanggangan Rendah <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sebentar <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Sedang
R11	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Kalis and Suhu Pemanggangan Rendah <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sedang <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Sedang
R12	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Kalis and Suhu Pemanggangan Rendah <i>and</i> Waktu Pemanggangan Lama <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Baik
R13	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Kalis and Suhu Pemanggangan Sedang <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sebentar <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Sedang
R14	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Kalis and Suhu Pemanggangan Sedang <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sedang <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Sedang
R15	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Kalis and Suhu Pemanggangan Sedang <i>and</i> Waktu Pemanggangan Lama <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Baik
R16	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Kalis and Suhu Pemanggangan Tinggi <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sebentar <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Baik
R17	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Kalis and Suhu Pemanggangan Tinggi <i>and</i> Waktu Pemanggangan Sedang <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Baik
R18	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Kalis and Suhu Pemanggangan Tinggi <i>and</i> Waktu Pemanggangan Lama <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk

No.	Rule
R19	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Over Kalis and Suhu Pemanggangan Rendah and Waktu Pemanggangan Sebentar <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R20	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Over Kalis and Suhu Pemanggangan Rendah and Waktu Pemanggangan Sedang <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R21	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Over Kalis and Suhu Pemanggangan Rendah and Waktu Pemanggangan Lama <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R22	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Over Kalis and Suhu Pemanggangan Sedang and Waktu Pemanggangan Sebentar <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R23	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Over Kalis and Suhu Pemanggangan Sedang and Waktu Pemanggangan Sedang <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R24	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Over Kalis and Suhu Pemanggangan Sedang and Waktu Pemanggangan Lama <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R25	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Over Kalis and Suhu Pemanggangan Tinggi and Waktu Pemanggangan Sebentar <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R26	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Over Kalis and Suhu Pemanggangan Tinggi and Waktu Pemanggangan Sedang <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk
R27	<i>IF</i> Waktu Pengadukan Over Kalis and Suhu Pemanggangan Tinggi and Waktu Pemanggangan Lama <i>THEN</i> Tingkat Kematangan Buruk

Pada sistem Sugeno, *defuzzyifikasi* dilakukan dengan metode perhitungan rata-rata berbobot (*weighted average*) dari *output* yang dihasilkan oleh aturan-aturan *fuzzy* yang aktif. *Defuzzyifikasi* dalam model Sugeno cenderung lebih sederhana, karena hasil inferensi langsung berupa nilai numerik.

Tabel 4 Variabel Input Terhadap Output ("AND" MIN)

Variabel	Suhu Pemanggangan			Variabel	
	Rendah	Sedang	Tinggi		
Waktu Pengadukan	<i>Under</i> Kalis	Buruk	Buruk	Buruk	Sebentar
	<i>Under</i> Kalis	Buruk	Buruk	Buruk	Sedang
	<i>Under</i> Kalis	Buruk	Buruk	Buruk	Lama
	Kalis	Sedang	Sedang	Baik	Sebentar
	Kalis	Sedang	Sedang	Baik	Sedang
	Kalis	Baik	Baik	Buruk	Lama
	Over Kalis	Buruk	Buruk	Buruk	Sebentar
	Over Kalis	Buruk	Buruk	Buruk	Sedang
	Over Kalis	Buruk	Buruk	Buruk	Lama

Berdasarkan nilai seluruh nilai fungsi keanggotaan yang dianalisis, diketahui bahwa nilai fungsi keanggotaan variabel waktu pengadukan dengan nilai input 43 bersinggungan pada parameter kalis dan over kalis. Fungsi keanggotaan variabel suhu pemanggangan dengan nilai input 173 bersinggungan dengan parameter sedang dan tinggi, serta fungsi keanggotaan variabel waktu pemanggangan dengan nilai input 60 bersinggungan dengan parameter sedang & lama. Oleh karena itu, sebelum memulai tahap *defuzzyifikasi*, cari nilai terkecil dari masing-masing variabel yang bersinggungan, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5 Fuzzy Rule Base ("AND" MIN)

Variabel	Suhu Pemanggangan			Variabel	
	Rendah	0.25	0.2		
Waktu Pengadukan	<i>Under</i> Kalis	Buruk	Buruk	Buruk	Sebentar
	<i>Under</i> Kalis	Buruk	Buruk	Buruk	Sedang
	<i>Under</i> Kalis	Buruk	Buruk	Buruk	Lama
	Kalis	Sedang	Sedang	Baik	Sebentar
	0.4	Sedang	0.25	0.2	0.5
	0.4	Baik	0.167	0.167	0.167
	Over Kalis	Buruk	Buruk	Buruk	Sebentar
	0.125	Buruk	0.125	0.125	0.5
	0.125	Buruk	0.125	0.125	0.167

$$Z^* = \frac{(0.25 \times 9) + (0.167 \times 15) + (0.2 \times 15) + (0.167 \times 3) + (0.125 \times 3) + (0.125 \times 3) + (0.125 \times 3)}{(0.25 + 0.167 + 0.2 + 0.167 + 0.125 + 0.125 + 0.125)}$$

$$Z^* = \frac{9.756}{1.284}$$

$$Z^* = 7.598130841 \approx 7.6 \approx 8$$

3.2 Hasil Analisis Analytical Hierarchy Process

Hasil dan pembahasan Peningkatan Jumlah Produksi Roti Manis pada UMKM Tandi's Homemade Bakery menggunakan metode AHP dengan langkah-langkah sebagai berikut (Husain, Gobel, & Puspa, 2024):

3.2.1 Penetapan Hierarki AHP

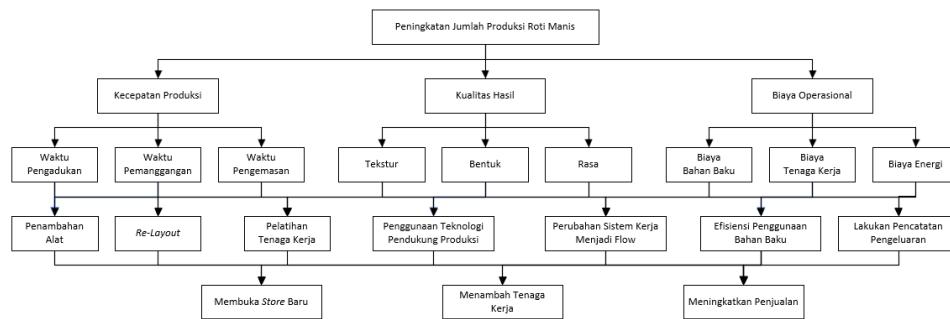
Hierarki AHP dibagi menjadi 5 level mencakup tujuan, kriteria, sub-kriteria, sub-sub-kriteria, dan alternatif. Tujuan yang ditetapkan adalah Peningkatan Jumlah Produksi Roti Manis. Terdapat tiga kriteria utama yang mempengaruhi tujuan tersebut, yaitu kecepatan produksi, kualitas hasil, dan biaya operasional. Masing-masing kriteria diuraikan ke dalam sub-kriteria, sub-sub-kriteria, dan alternatif untuk memperjelas faktor-faktor yang berperan dalam peningkatan produksi.

Kriteria yang pertama adalah kecepatan produksi yang mencakup sub-kriteria waktu pengadukan, waktu pemanggangan, dan waktu pengemasan. Ketiga sub-kriteria tersebut kemudian diturunkan lagi menjadi sub-sub-kriteria yang mempengaruhinya, yaitu penambahan alat dan *re-layout*.

Kriteria yang kedua adalah kualitas hasil yang mencakup sub-kriteria tekstur, bentuk, dan rasa. Ketiga sub-kriteria tersebut kemudian diturunkan lagi menjadi sub-sub-kriteria yang mempengaruhinya, yaitu perubahan sistem kerja menjadi *flow* dan penggunaan teknologi pendukung produksi.

Kriteria yang ketiga adalah biaya operasional yang mencakup sub-kriteria biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, dan biaya energi. Ketiga sub-kriteria tersebut kemudian diturunkan lagi menjadi sub-sub-kriteria yang mempengaruhinya, yaitu efisiensi penggunaan bahan baku dan lakukan pencatatan pengeluaran.

Berikut diagram hierarki AHP yang sudah disusun berdasarkan tujuan, kriteria, sub-kriteria, sub-sub-kriteria, dan alternatif di atas.



Gambar 5 Hierarki AHP Tandi's Homemade Bakery

3.2.2 Pembobotan Kriteria

Pembobotan dilakukan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu kecepatan produksi, kualitas hasil, dan biaya operasional. Pembobotan dilakukan untuk menentukan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria yang akan digunakan dalam pengambilan keputusan yang dapat dilihat pada tabel 6 (Husain, Gobel, & Puspa, 2024).

Tabel 6 Pembobotan Kriteria

Kriteria	Kecepatan Produksi	Kualitas Hasil	Biaya Operasional
Kecepatan Produksi	1	0.5	2
Kualitas Hasil	2	1	2
Biaya Operasional	0.5	0.5	1
Jumlah Kolom	3.5	2	5

Dari hasil pembobotan kriteria di atas, kemudian dihitung nilai vektor prioritas dengan membagi nilai eigen dengan jumlah eigen seperti pada tabel 7.

Tabel 7 Nilai Vektor Prioritas

Kriteria	Kecepatan Produksi	Kualitas Hasil	Biaya Operasional	Nilai Eigen	Vektor Prioritas
Kecepatan Produksi	1	0.5	2	0.936	0.312
Kualitas Hasil	2	1	2	1.471	0.490
Biaya Operasional	0.5	0.5	1	0.593	0.198
Jumlah Kolom	3.5	2	5	3	1

Berdasarkan nilai prioritas atau bobot yang telah diketahui, selanjutnya dihitung nilai konsistensi dengan rumus:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

di mana λ_{max} merupakan penjumlahan dari jumlah masing-masing kolom dikali dengan nilai vektor prioritas.

$$CI = \frac{((3.5 \times 0.312) + (2 \times 0.490) + (5 \times 0.198)) - 3}{2}$$

$$CI = \frac{3.061 - 3}{2}$$

$$CI = 0.030$$

Selanjutnya menghitung nilai konsistensi rasio (CR) dengan rumus :

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

di mana RI merupakan *Ratio Index* yang didapatkan dari nilai ketetapan seperti pada tabel 8

Tabel 8 Ratio Index

Jumlah Kriteria (n)	Ratio Index
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41

Karena terdapat 3 kriteria maka nilai RI yang diambil adalah 0.58, sehingga didapatkan nilai CR adalah :

$$CR = \frac{0.030}{0.58}$$

$$CR = 0.051$$

3.2.3 Pembobotan Sub-Kriteria

Pembobotan sub-kriteria menggunakan rumus dan langkah yang sama pada pembobotan kriteria. Pembobotan sub-kriteria dihitung dengan kriteria yang terhubung di atasnya. Pada kriteria kecepatan produksi, pembobotan sub-kriteria dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Pembobotan Sub-Kriteria dari Kriteria Kecepatan Produksi

Kecepatan Produksi	Waktu Pengadukan	Waktu Pemanggangan	Waktu Pengemasan	Nilai Eigen	Vektor Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)
Waktu Pengadukan	1	2	2	1.471	0.490		
Waktu Pemanggangan	0.5	1	2	0.936	0.312	0.030	0.051
Waktu Pengemasan	0.5	0.5	2	0.593	0.198		
Jumlah Kolom	2	3.5	6	3	1		

Tabel di atas menyajikan hasil perhitungan untuk kriteria kecepatan produksi, dengan tiga sub-kriteria utama yaitu waktu pengadukan, waktu pemanggangan, dan waktu pengemasan. Didapatkan nilai *Consistency Index* (CI) sebesar 0.030 dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0.051 menunjukkan bahwa matriks ini konsisten, karena nilai CR < 0.1.

Selanjutnya, perhitungan akan dilanjutkan pada sub-kriteria di bawah kriteria kualitas hasil.

Tabel 10 Pembobotan Sub-Kriteria dari Kriteria Kualitas Hasil

Kualitas Hasil	Tekstur	Bentuk	Rasa	Nilai Eigen	Vektor Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)
Tekstur	1	2	0.3	0,222	0,167		
Bentuk	0.5	1	0.1	0,111	0,083		
Rasa	3	9	1	0,667	0,750	0.015	0.026
Jumlah Kolom	4.5	12	1.4	1	1		

Tabel di atas menyajikan hasil perhitungan untuk kriteria kualitas hasil, dengan tiga sub-kriteria yaitu tekstur, bentuk, dan rasa. Didapatkan nilai *Consistency Index* (CI) sebesar 0.015 dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0.026 menunjukkan bahwa matriks ini konsisten, karena nilai CR < 0.1.

Selanjutnya, perhitungan akan dilanjutkan pada sub-kriteria di bawah kriteria biaya operasional.

Tabel 11 Pembobotan Sub-Kriteria dari Kriteria Biaya Operasional

Biaya Operasional	Biaya Bahan Baku	Biaya Tenaga Kerja	Biaya Energi	Nilai Eigen	Vektor Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)
Biaya Bahan Baku	1	0.5	3	0.300	0.273		
Biaya Tenaga Kerja	2	1	3	0.600	0.545	0.033	0.055
Biaya Energi	0.3	0.3	1	0.100	0.182		
Jumlah Kolom	3.3	1.8	7	1	1		

Tabel di atas merupakan hasil perhitungan untuk kriteria biaya operasional dengan tiga sub-kriteria yaitu tekstur, bentuk, dan rasa. Didapatkan nilai *Consistency Index* (CI) sebesar 0.033 dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0.055 menunjukkan bahwa matriks ini konsisten, karena nilai CR < 0.1.

3.2.4 Pembobotan Sub-Sub-Kriteria

Pembobotan sub-sub-kriteria dilakukan dengan metode yang sama seperti pembobotan kriteria dan sub-kriteria, di mana masing-masing elemen dibandingkan secara berpasangan berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap tujuan utama. Setiap sub-sub-kriteria yang dihitung berada di bawah sub-kriteria yang terhubung di atasnya. Perhitungan dimulai dengan sub-sub-kriteria pada kriteria kecepatan produksi. Terdapat tiga sub-sub-kriteria, yaitu penambahan alat, *re-layout*, dan pelatihan tenaga kerja. Diperoleh hasil perhitungan pada tabel 12.

Tabel 12 Pembobotan Sub-Sub-Kriteria dari Kriteria Kecepatan Produksi

Kecepatan Produksi	Penambahan Alat	<i>Re-Layout</i>	Pelatihan Tenaga Kerja	Nilai Eigen	Vektor Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)
Penambahan Alat	1	0.1	0.2	0.221	0.074		
Re-Layout	7	1	3	1.930	0.643		
Pelatihan						0.048	0.083
Tenaga Kerja	5	0.3	1	0.849	0.283		
Jumlah Kolom	13	1.5	4.2	3	1		

Perhitungan di atas menunjukkan nilai *Consistency Index* (CI) sebesar 0.048 dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0.083, yang berarti matriks perbandingan ini memenuhi syarat konsistensi karena nilai CR < 0.1.

Selanjutnya, dilanjutkan perhitungan untuk sub-sub-kriteria pada kriteria kualitas hasil. Terdapat tiga sub-sub-kriteria, yaitu pelatihan tenaga kerja, perubahan sistem kerja menjadi *flow*, dan penggunaan teknologi pendukung produksi. Perhitungan dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13 Pembobotan Sub-Sub-Kriteria dari Kriteria Kualitas Hasil

Kualitas Hasil	Pelatihan Tenaga Kerja	Perubahan Sistem Kerja	Penggunaan Teknologi Pendukung	Nilai Eigen	Vektor Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)
Pelatihan Tenaga Kerja	1	0.3	0.5	0.478	0.159		
Perubahan Sistem Kerja	3	1	3	1.767	0.589		
Penggunaan Teknologi Pendukung	2	0.3	1	0.756	0.252		
Jumlah Kolom	6	1.7	4.5	3	1	0.035	0.061

Berdasarkan tabel perhitungan di atas, didapatkan nilai *Consistency Index* (CI) adalah 0.035 dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0.061, yang menunjukkan bahwa hasil perbandingan berpasangan ini konsisten dan dapat diterima.

Selanjutnya, perhitungan terhadap pembobotan sub-sub-kriteria dari kriteria biaya operasional. Terdapat tiga sub-sub-kriteria, yaitu perubahan sistem kerja menjadi *flow*, efisiensi penggunaan bahan baku, dan lakukan pencatatan pengeluaran. Perhitungan dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14 Pembobotan Sub-Sub-Kriteria dari Kriteria Biaya Operasional

Biaya Operasional	Perubahan Sistem Kerja	Efisiensi Penggunaan Bahan Baku	Lakukan Pencatatan Pengeluaran	Nilai Eigen	Vektor Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)
Perubahan Sistem Kerja	1	3	0.3	0.781	0.260		
Efisiensi Penggunaan Bahan Baku	0.3	1	0.2	0.318	0.106	0.028	0.048
Lakukan Pencatatan Pengeluaran	3	5	1	1.900	0.633		
Jumlah Kolom	4.3	9	1.5	3	1		

Berdasarkan tabel perhitungan di atas, didapatkan nilai *Consistency Index* (CI) adalah 0.028, dengan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0.048, yang menunjukkan tingkat konsistensi yang baik.

3.2.5 Pembobotan Alternatif

Pembobotan alternatif dihitung berdasarkan sub-sub-kriteria di atasnya yang memiliki hubungan langsung. Berdasarkan tujuan, kriteria, sub-kriteria, dan sub-sub-kriteria yang telah ditentukan terdapat tiga alternatif solusi, yaitu membuka store baru, menambah tenaga kerja, dan meningkatkan penjualan. Perhitungan pembobotan dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15 Pembobotan Alternatif

Alternatif	Membuka Store Baru	Menambah Tenaga Kerja	Meningkatkan Penjualan	Nilai Eigen	Vektor Prioritas	Consistency Index (CI)	Consistency Ratio (CR)
Membuka Store Baru	1	9	5	2.244	0.748		
Menambah Tenaga Kerja	0.1	1	0.3	0.214	0.071	0.026	0.045
Meningkatkan Penjualan	0.2	3	1	0.541	0.180		
Jumlah Kolom	1.3	13	6.3	3	1		

Tabel perhitungan di atas menunjukkan nilai *Consistency Index* (CI) sebesar 0.026 dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0.045 yang berarti matriks perbandingan ini memenuhi syarat konsistensi karena nilai CR < 0.1.

4. CONCLUSION

Penelitian menunjukkan metode logika Fuzzy Sugeno dapat menentukan tingkat kematangan roti manis di Tandi's Homemade Bakery dengan mengintegrasikan variabel waktu pengadukan, suhu, dan waktu pemanggangan melalui 27 aturan fuzzy. Pada defuzzifikasi, kombinasi waktu pengadukan 43 menit, suhu pemanggangan 173°C, dan waktu pemanggangan 60 menit menghasilkan kematangan sedang. Analisis menggunakan AHP menegaskan kualitas hasil sebagai kriteria utama dengan rasa sebagai sub-kriteria penting. Perubahan sistem kerja menjadi flow meningkatkan efisiensi dan konsistensi produksi. Alternatif terbaik adalah membuka store baru, diikuti menambah tenaga kerja dan meningkatkan penjualan. Fokus utama adalah kualitas, efisiensi produksi, dan pengelolaan biaya.

5. REFERENCES

- Altaş, İ. H. (2024). *Fuzzy Logic Control in Energy Systems*, 2nd Edition (Second). The Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom.
- Arini, A. P., Maulana, Y. A., Pranajelita, Y., & Sari, A. P. (2023). Prediksi Rekomendasi Restoran dengan Metode Fuzzy. *Seminar Nasional Informatika Bela Negara (SANTIKA)*, 3, 71–78.
- Arni, S., Yahya, K., Umar, H., Merdewiningsi, A., & Aziz, F. (2023). SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMBERIAN KREDIT MOBIL DENGAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) PADA PT. ASTRA INTERNATIONAL TBK ISUZU MAKASSAR BRANCH. *Advances in Computer System Innovation Journal*, 1(1), 17–36.
- Benzaouia, A., & Hajjaji, A. El. (2014). *Advanced Takagi-Sugeno Fuzzy Systems* (Vol. 8). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05639-5>

- Chandra, N., & Ratnamurni, E. D. (2022). Pengendalian Kualitas Produk Tahu dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP). *INOBIS: Jurnal Inovasi Bisnis dan Manajemen Indonesia*, 5(3), 369–383.
- Cristian, A., Nurcahyo, W., & Faizah, N. (2024). Aplikasi Penjualan Mobil Berbasis Web pada PT KIA Mobil Dinamika Cabang Bintaro dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP). *Computer Journal*, 2(2), 71–82. <https://doi.org/10.58477/cj.v2i2.171>
- Fawait, A. B., & Rahmah, S. (2024). KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Pengambilan Keputusan Penentuan Target Promosi Universitas menggunakan metode Analytical Hierarchy Process. *Media Online*, 4(5), 2607–2615. <https://doi.org/10.30865/klik.v4i5.1811>
- Husain, H., Gobel, C. Y., & Puspa, M. A. (2024). Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process Untuk Seleksi Usaha Penangkapan Ikan Komoditas Unggulan. *Media Online*, 5(1), 222–229. <https://doi.org/10.30865/klik.v5i1.2032>
- Jain, A., & Sharma, A. (2020). *MEMBERSHIP FUNCTION FORMULATION METHODS FOR FUZZY LOGIC SYSTEMS: A COMPREHENSIVE REVIEW*. 7(19), 2020.
- Mahrani, S. W., Subroto, D. E., Sono, Moh. G., Titop, H., & Tukiyo. (2023). Model Evaluasi Kinerja Sekolah Dasar Guru Menggunakan Proses Hierarki Analitis. *Jurnal Mantik*, 6(4).
- Maryam, S., Bu'ulolo, E., & Hatmi, E. (2021). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Tsukamoto Dalam Menentukan Harga Mobil Bekas. *Journal of Informatics, Electrical and Electronics Engineering*, 1(1), 10–14. Diambil dari <https://djournals.com/jieee>
- Mu, E., & Pereyra-Rojas, M. (2017). *Practical Decision Making An Introduction to the Analytic Hierarchy Process (AHP) Using Super Decisions v2*. Pittsburgh: Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-33861-3>
- Mu, E., & Pereyra-Rojas, M. (2018). *Practical Decision Making using Super Decisions v3*. Pittsburgh: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68369-0>
- Pratama, M. F., Purba, T. A. F., Oktaviansyah, A. R., & Andani, S. R. (2024). Penerapan Logika Fuzzy Untuk Menentukan Harga Mobil Keluarga Menggunakan Metode Sugeno. *Jurnal JPILKOM (Jurnal Penelitian Ilmu Komputer)*, 2(2), 3025–6887. Diambil dari <https://jpilkom.org>
- Purnama, A., & Amanda. (2022). IKRAM: Jurnal Ilmu Komputer Al Muslim Pemberian Kredit Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Fuzzy Logic Sugeno Pada PT. Bintang Mandiri Finance Bekasi. *IKRAM: Jurnal Ilmu Komputer Al Muslim*, 1(1), 9–19.
- Santosa, S. H., Hidayat, A. P., & Siskandar, R. (2021). Safea application design on determining the optimal order quantity of chicken eggs based on fuzzy logic. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 10(4), 858–871. <https://doi.org/10.11591/ijai.v10.i4.pp858-871>
- Santosa, S. H., Hidayat, A. P., & Siskandar, R. (2022). Raw material planning for tapioca flour production based on fuzzy logic approach: a case study. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, 6(1), 67–76. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v6i1.4594>
- Santosa, S. H., Irawan, S., & Ardani, I. (2021). Determination of Overall Equipment Effectiveness Superflex Machine Using Fuzzy Approach. *International Journal of Artificial Intelligence Research*, 4(2). <https://doi.org/10.29099/ijair.v4i2.142>
- Sihombing, F. A. (2024). Kajian Fuzzy Metode Mamdani dan Fuzzy Metode Sugeno serta Implementasinya. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 4940–4955. Diambil dari <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>
- Slamet, A. H. H., Wahyudi, D., & Albaab, M. R. U. (2023). Analisis Potensi Kondisi Tanah Di Kabupaten Blitar Dalam Menunjang Budidaya Padi Sawah Menggunakan Analytical Hierarchy Process. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3(5), 804–813.
- Susanti, L. (2022). ANALISIS KEPUASAN PELANGGAN TERHADAP KUALITAS PRODUK DAN PELAYANAN DENGAN MENGGUNAKAN KOMPARASI FUZZY INFERENCE SYSTEM. *Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH)*, 2(4), 378–386.
- Wicaksana, A. P., Hastono, T., & Solikhah, M. S. (2024). APPLICATION OF FUZZY LOGIC OF THE SUGENO METHOD TO DETERMINE THE AMOUNT OF PRODUCTION OF DRY POTATO SAMBAL. *JTH: Journal of Technology and Health*, 2(1), 1–10. Diambil dari <https://fahrudin.org/index.php/jth>
- Yunan, A., & Ali, M. (2020). Study and Implementation of the Fuzzy Mamdani and Sugeno Methods in Decision Making on Selection of Outstanding Students at the South Aceh Polytechnic. *Jurnal Inotera*, 5(2), 152–164. <https://doi.org/10.31572/inotera.vol5.iss2.2020.id127>