

Penerapan Logika *Fuzzy* Sugeno Untuk Optimasi Kualitas Tempe pada Proses Fermentasi

Arfani Rahman Sari¹, Sriani²

¹² Ilmu Komputer, Sains dan Teknologi, UIN Sumatera Utara

[1arfaniarahmans@gmail.com](mailto:arfaniarahmans@gmail.com), [2sriani@uinsu.ac.id](mailto:sriani@uinsu.ac.id)

Abstract

Determining the amount of tempeh production can be done by industries or businesses that process soybeans into tempeh, which is a source of nutrition and food for the Indonesian people. Apart from being easy to get, tempeh is also one of the favorite foods among all groups. In producing tempeh, it is certain that the tempeh manufacturing industry also carries out a fermentation process every day to produce a lot of tempeh, apart from that, the process requires maximum manufacturing so that the quality of the tempeh is maintained until it reaches consumers. However, if it is not optimal, the quality of tempeh and the entrepreneur will lose profits. Therefore, tempeh quality was optimized. In order to reduce the impact of poor quality during the manufacturing process, it is necessary to calculate the prediction factors for the impact of poor quality, namely by using the Sugeno fuzzy logic method. Where fuzzy can be relative and can provide solutions to problems encountered in the production process and the formation of fuzzy (fuzzification) is the stage of determining variables and speaker universes which can then be formed into fuzzy sets. Fuzzification in tempe quality optimization uses three input variables and one output variable. The result of a forecast was obtained, where according to the MAPE value table, the value of 7,02% included in the study was high and showed that the fuzzy sugeno method was very efficiently used in determining tempe quality timtimation. As low as the MAPE value, the actual data is good.

Keywords: fuzzy logic, sugeno, optimization, tempe, MAPE

Abstrak

Menentukan jumlah produksi tempe dapat dilakukan oleh industri atau usaha yang mengelola kedelai menjadi tempe, yang merupakan sumber gizi dan pangan masyarakat Indonesia. Selain tempe mudah didapatkan tempe juga adalah salah satu makanan favorit disemua kalangan. Dalam pemroduksian tempe dipastikan industri pembuatan tempe ini juga melakukan proses fermentasi setiap harinya agar menghasilkan tempe yang banyak, selain itu dalam prosesnya diperlukan pembuatan yang maksimal agar kualitas tempe juga terjaga sampai ditangan konsumen. Namun jika tidak maksimal maka kualitas tempe dan peluang si pengusaha akan kehilangan keuntungan. Maka dari itu dilakukan pengoptimalan kualitas tempe. Agar mengurangi dampak kualitas buruk pada saat proses pembuatannya, perlu dilakukan perhitungan prediksi faktor dari dampak kualitas buruk itu yaitu dengan menggunakan metode logika fuzzy sugeno. Dimana fuzzy dapat bersifat relatif dan dapat memberikan solusi dari permasalahan yang didapat dalam proses pemroduksiannya dan dilakukan juga pembentukan fuzzy (fuzzifikasi) adalah tahapan menentukan variabel dan semesta pembicara yang kemudian dapat dibentuk menjadi himpunan fuzzy. Fuzzifikasi pada optimasi kualitas tempe menggunakan tiga variabel input dan satu variabel output. Hasil dari suatu peramalan dikatakan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10%. Dari hasil perhitungan MAPE diperoleh nilai 7,02%, dimana sesuai dengan tabel nilai MAPE, nilai 7,02% termasuk pada penelitian tinggi dna menunjukkan bahwa metode fuzzy sugeno sangat efisien digunakan dalam menentukan ptimasi kualitas tempe. Semakin rendah nilai MAPE, semakin baik data aktualnya.

Kata kunci: logika fuzzy, sugeno, optimasi, tempe, MAPE

©This work is licensed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

1. Pendahuluan

Rumah industri habibi merupakan industri rumah tangga yang menjual olahan kacang kedelai yang bergizi, usaha ini dipegang oleh anggota keluarganya sendiri, dan hasil produksi nantinya akan dijual dan diedarkan ke pasar tradisional. Makanan olahan tempe ini adalah salah satu olahan favorit masyarakat di Indonesia. Selain harganya yang relatif murah dan juga mudah ditemukan [1]. Tidak hanya tersedia di pasar

melainkan juga di warung-warung terdekat bahkan di supermarket. Tempe juga dijadikan sebagai lauk dan dapat juga menjadi olahan makanan yang lain[2]. Tempe sangat baik dikonsumsi segala usia karena senyawa yang terdapat pada tempe merupakan senyawa peptida pendek, serta asam-asam lemak dan karbohidrat sederhana yang mudah diserap tubuh. Tempe terbuat dari kacang kedelai yang kemudian difermentasi menggunakan campuran ragi. Ragi merupakan salah satu bahan baku untuk fermentasi dan

sangat berpengaruh untuk kualitas tempe yang dihasilkan [3]. Tempe juga memiliki waktu yang singkat untuk dapat diolah karena jika terlalu lama tempe akan membusuk dan tidak dapat diedarkan atau dijual karena tidak layak dikonsumsi oleh konsumen [4].

Hal ini juga berkaitan dengan proses fermentasi yang terjadi pada tempe, yang pada umumnya proses ini tidak dapat diprediksi sempurna setiap harinya, karena adanya faktor pendukung mempengaruhi proses fermentasi tempe ini menjadi baik yaitu melihat kondisi ragi yang disesuaikan dengan cuaca setempat. Agar permasalahan ini dapat teroptimalkan, maka dari itu digunakanlah penerapan logika fuzzy dalam menentukan kualitas tempe yang akan diproduksi. Salah satu metode yang dapat mengetahui faktor yang mempengaruhi kualitas tempe dan mengoptimalkan kualitas tempe pada saat proses fermentasi yaitu dengan cara menerapkan metode sugeno dan memodelkan suatu aplikasi, dimana metode sugeno ini mempunyai pengukuran yang hampir sama dengan metode mamdani, namun hasil yang diperoleh bukan berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau yaitu perhitungan matematika.

Secara umum optimasi berarti menemukan nilai terbaik (minimum atau maksimum) dari beberapa fungsi tertentu dalam konteks yang berguna disebagian besar bidang untuk melakukan upaya yang efisien dan efektif dalam mencapai target hasil yang ingin dicapai [5]

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif dimana datanya dapat diukur atau dihitung secara langsung sebagai variabel atau angka. Variabel yang digunakan ada 3 yaitu kacang, cuaca, dan ragi. Untuk alternatif nya yaitu data fermentasi selama 30 hari. Data yang diperoleh yaitu bahan baku, dan data alur fermentasi setiap harinya serta faktor yang mempengaruhi kualitas tempe.

Fermentasi terjadi pada saat setelah mencampurkan ragi dan pengemasan. Proses fermentasi membentuk jamur yang saling menempel sehingga menghasilkan tekstur tempe lembut dan berwarna putih. Pada waktu fermentasi karbohidrat menjadi alkohol dan karbondioksida atau asam amino organik yang bergantung pada ragi, bakteri dan fungi [6]. Salah satu cara untuk optimasi fermentasi kualitas tempe terbaik dilakukan penerapan logika fuzzy metode sugeno yang diimplementasikan dengan sistem aplikasi yang dimodelkan dengan menggunakan software Matlab. Matlab adalah perangkat lunak yang digunakan untuk pemrograman yang mampu menyelesaikan masalah perhitungan [7].

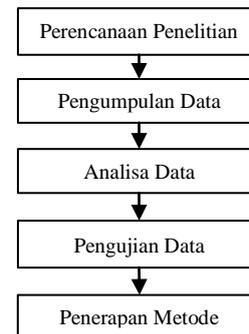
Sebelumnya penelitian yang dilakukan oleh [6] menerapkan logika fuzzy untuk mengoptimalkan kadar ragi dengan mempertimbangkan jumlah ragi tempe terhadap banyaknya jumlah kacang kedelai yang akan diolah menjadi tempe dengan jumlah kacang kedelai, ragi tempe, kadar ragi, suhu ruang, waktu fermentasi,

dan kualitas fermentasi sebagai variabelnya. Penelitian ini menggunakan metode mamdani yang diimplementasikan menggunakan matlab dan sistem tersebut menghasilkan nilai keakuratan 93,75%, dimana semakin kecil nilai akurasi maka semakin kuat hasil proses defuzzifikasi.

2. Metode Penelitian

2.1. Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini, peneliti melakukan beberapa langkah untuk menghitung optimalisasi kualitas tempe selama fermentasi dengan menggunakan metode logika fuzzy sugeno. Langkah – langkah tersebut dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Kerangka Penelitian

2.2. Perencanaan Penelitian

Tahapan ini meliputi tahap mengidentifikasi masalah. Pada tahap ini permasalahan mengenai sulitnya melakukan pengoptimalan kualitas tempe pada saat fermentasi. Dari permasalahan tersebut, peneliti bertujuan menerapkan metode logika fuzzy sugeno untuk menyelesaikan permasalahan berdasarkan data jumlah kacang, keadaan cuaca, dan jumlah ragi yang dicampurkan.

2.3. Pengumpulan Data

Tahapan pada pengumpulan data yang pertama dilakukan yaitu observasi atau pengamatan secara langsung terhadap objek penelitian, kemudian wawancara secara langsung kepada pemilik rumah industri guna untuk mendapatkan data-data informasi dan dokumentasi catatan data proses fermentasi. Selanjutnya tahapan pengumpulan data dari berbagai sumber yang berkaitan dengan topik penelitian, seperti buku, jurnal, artikel ilmiah, dan sumber lainnya.

Tabel 1. Tabel data Fermentasi

No	Tanggal	Kacang	Cuaca	Ragi	Kualitas
1	Senin, 29 Mei 2023	800g	27	1/3	95
2	Selasa, 30 Mei 2023	800g	27	1/3	95
3	Rabu, 31 Mei 2023	800g	25	1/3	75
4	Kamis, 01 Juni 2023	850g	29	1/3	85
5	Jumat, 02 Juni 2023	900g	27	1/2	90

6	Sabtu, 03 Juni 2023	600g	27	1/4	90
7	Minggu, 04 Juni 2023	600g	27	1/4	90
8	Senin, 05 Juni 2023	800g	35	1/3	50
9	Selasa, 06 Juni 2023	800g	27	1/3	95
10	Rabu, 07 Juni 2023	800g	25	1/3	75
11	Sabtu, 03 Juni 2023	850g	29	1/3	85
12	Jumat, 09 Juni 2023	900g	25	1/2	80
13	Sabtu, 03 Juni 2023	850g	29	1/3	85
14	Minggu, 11 Juni 2023	500g	27	1/4	80
15	Senin, 12 Juni 2023	900g	27	1/2	90
16	Selasa, 13 Juni 2023	800g	27	1/3	95
17	Rabu, 14 Juni 2023	800g	27	1/3	95
18	Sabtu, 03 Juni 2023	850g	29	1/3	85
19	Jumat, 16 Juni 2023	900g	27	1/2	90
20	Sabtu, 03 Juni 2023	850g	29	1/3	85
21	Minggu, 04 Juni 2023	600g	27	1/4	90
22	Senin, 19 Juni 2023	800g	27	1/3	95
23	Selasa, 20 Juni 2023	800g	35	1/4	85
24	Rabu, 21 Juni 2023	800g	27	1/3	95
25	Kamis, 22 Juni 2023	1000g	25	1/2	75
26	Jumat, 16 Juni 2023	900g	27	1/2	90
28	Minggu, 04 Juni 2023	600g	27	1/4	90
27	Sabtu, 24 Juni 2023	850g	25	1/2	85
29	Senin, 26 Juni 2023	800g	32	1/4	90
30	Selasa, 27 Juni 2023	800g	27	1/3	95

2.4. Analisa Data

Setelah data terkumpul, tahapan selanjutnya yang dilakukan yaitu melakukan analisa data dengan menerapkan metode fuzzy sugeno. logika fuzzy metode sugeno menggunakan nilai rata-rata untuk output yang berupa persamaan linier atau konstanta [8]. Untuk penyelesaian data dengan metode sugeno ada beberapa tahap yaitu : pembentukan himpunan fuzzy, pembentukan aturan fuzzy, komposisi aturan, dan defuzzifikasi.

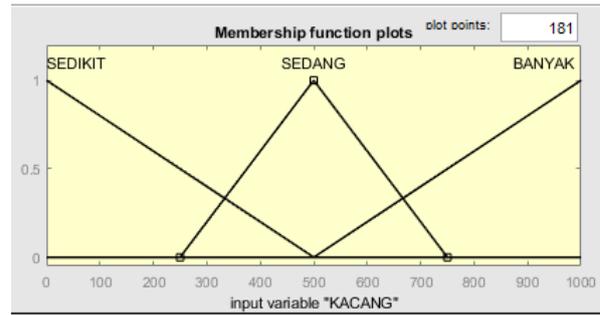
Pembentukan himpunan fuzzy (fuzzifikasi) adalah tahap menentukan variabel dan semesta pembicara yang kemudian dapat dibentuk menjadi himpunan fuzzy [9]. Fuzzifikasi pada optimasi kualitas tempe menggunakan tiga variabel input dan satu variabel input.

Table 2. Variabel Himpunan Fuzzy

Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Semesta	Domain
Input	Kacang	Sedikit	0 – 1000	0 – 500
		Sedang		250 – 700
		Banyak		750 – 1000

Cuaca	Dingin	0 – 35	0 – 25
	Normal		20 – 35
	Panas		25 – 35
Ragi	Berkurang	0 – 0,50	0 – 0,25
	Bertambah		0,25 – 0,50
Output	Kualitas	Buruk	0 – 20
		Baik	20 – 90

Pada tabel 2 terdapat 3 variabel input yaitu variabel Kacang, Cuaca, dan Ragi dan variabel output yaitu kualitas



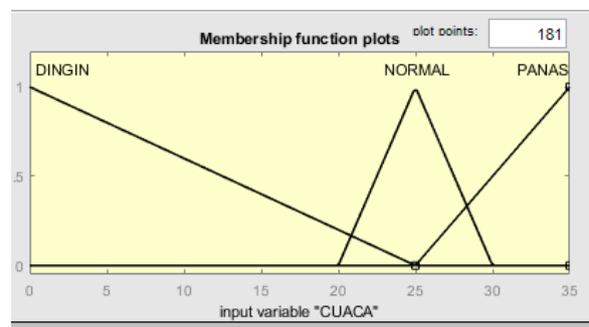
Gambar 2. Himpunan Fuzzy Kacang

Fungsi keanggotaan kacang memiliki 3 himpunan fuzzy, yaitu Sedikit, Sedang, dan Banyak. Dari gambar 2 dapat dibuat derajat keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{Sedikit}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{500-x}{500-0}; & 0 \leq x \leq 500 \\ 0; & x \geq 500 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{Sedang}[x] = \begin{cases} 0; & x < 250 \text{ atau } x \geq 750 \\ \frac{x-250}{500-250}; & 250 \leq x \leq 500 \\ \frac{750-x}{750-500}; & 500 \leq x \leq 750 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{Banyak}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 500 \\ \frac{x-500}{1000-500}; & 500 \leq x \leq 1000 \\ 1; & x \geq 1000 \end{cases} \quad (3)$$



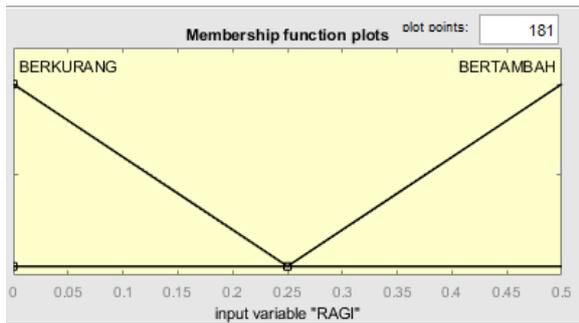
Gambar 3. Himpunan Fuzzy Cuaca

Fungsi keanggotaan cuaca terdiri dari 3 himpunan fuzzy cuaca, yaitu Dingin, Normal, dan Tinggi. Dari gambar 3 dapat dibuat derajat keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{Dingin} [x] = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{25-x}{25-0}; & 0 \leq x \leq 25 \\ 0; & x \geq 25 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{Normal} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 20 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-20}{5}; & 20 \leq x \leq 25 \\ \frac{30-x}{10}; & 25 \leq x \leq 30 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{Panas} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \\ \frac{x-25}{10}; & 25 \leq x \leq 35 \\ 1; & x \geq 35 \end{cases} \quad (6)$$



Gambar 4. Himpunan Fuzzy Ragi

Fungsi keanggotaan ragi terdiri dari 2 himpunan fuzzy, yaitu Berkurang dan Bertambah. Dari gambar 4 dapat dibuat derajat keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{Berkurang} [x] = \begin{cases} 1; & x \leq 60 \\ \frac{120-x}{120-60}; & 60 \leq x \leq 120 \\ 0; & x \geq 120 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{Bertambah} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 60 \\ \frac{x-60}{120-60}; & 60 \leq x \leq 120 \\ 1; & x \geq 120 \end{cases} \quad (8)$$

Himpunan yang sudah dimodelkan akan dikombinasikan untuk menentukan nilai keanggotaan variabel dengan membuat fungsi implikasi. pada penelitian ini terdapat 18 aturan fuzzy yaitu seperti yang terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Aturan Fuzzy

Aturan	Kacang	Cuaca	Ragi	Kualitas
R1	Sedikit	Dingin	Berkurang	Buruk
R2	Sedikit	Dingin	Bertambah	Baik
R3	Sedikit	Normal	Berkurang	Baik
R4	Sedikit	Normal	Bertambah	Baik
R5	Sedikit	Panas	Berkurang	Baik
R6	Sedikit	Panas	Bertambah	Buruk
R7	Sedang	Dingin	Berkurang	Buruk
R8	Sedang	Dingin	Bertambah	Baik
R9	Sedang	Normal	Berkurang	Baik
R10	Sedang	Normal	Bertambah	Baik
R11	Sedang	Panas	Berkurang	Baik
R12	Sedang	Panas	Bertambah	Buruk
R13	Banyak	Dingin	Berkurang	Buruk
R14	Banyak	Dingin	Bertambah	Baik
R15	Banyak	Normal	Berkurang	Baik

R16	Banyak	Normal	Bertambah	Baik
R17	Banyak	Panas	Berkurang	Baik
R18	Banyak	Panas	Bertambah	Buruk

2.4.3. Komposisi Aturan

Pada tahap ini, untuk mendapatkan nilai α -predikat digunakan operasi AND atau fungsi implikasi minimum dari aturan-aturan yang telah terbentuk [10].

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B)) \quad (9)$$

Defuzzifikasi (penegasan) yaitu kebalikan dari proses fuzzifikasi. Dalam tahap ini, proses defuzzifikasi menggunakan metode perhitungan rata-rata terbobot (Weight Average) dengan rumus sebagai berikut :

$$WA = \frac{\sum_{i=1}^N a_i z_i}{\sum_{i=1}^N a_i} \quad (10)$$

2.5 Pengujian Data

Tahap pengujian data dilakukan setelah logika fuzzy metode sugeno dibuat. Pada kenyataannya, tidak ada prediksi yang memiliki tingkat akurasi 100% dimana setiap prediksi pasti mengalami kesalahan. Semakin kecil nilai kesalahan, akan semakin baik akurasi prediksi tersebut. Maka digunakanlah MAPE (Mean Absolute Percentage Error) [11]

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}}{n} \times 100 \quad (11)$$

Nilai MAPE digunakan untuk menganalisis hasil prediksi. Nilai MAPE dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel Nilai MAPE

Nilai MAPE	Akurasi Prediksi
MAPE \leq 10%	Tinggi
10% < MAPE \leq 20%	Baik
20% < MAPE \leq 50%	Reasonable
MAPE > 50%	Rendah

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk hasil perhitungan logika fuzzy sugeno diambil 3 contoh data untuk dijelaskan.

Tabel 5. Tabel Representasi Data

Tanggal	Kacang	Cuaca	Ragi	Kualitas
Kamis, 01 Juni 2023	850g	29	1/3	85
Jumat, 02 Juni 2023	900g	27	1/2	90
Sabtu, 03 Juni 2023	600g	27	1/4	90

1. Kamis, 01 Juni

Kacang = 850, maka fungsi keanggotaan yang digunakan :

$$\mu_{Banyak} [850] = \frac{850-500}{1000-500} = \frac{250}{500} = 0,5$$

Cuaca = 29, maka fungsi keanggotaan yang digunakan :

$$\mu_{Normal} [29] = \frac{30-29}{30-20} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$\mu_{Panas} [29] = \frac{29-25}{35-25} = \frac{4}{10} = 0,4$$

Ragi = 1/3(0,33), maka fungsi keanggotaan yang digunakan :

$$\mu_{Berkurang} [0,33] = \frac{0,50-0,33}{0,50-0,25} = \frac{0,17}{0,25} = 0,68$$

$$\mu_{Bertambah} [0,33] = \frac{0,33-0,25}{0,50-0,25} = \frac{0,08}{0,25} = 0,32$$

Berdasarkan tabel aturan terdapat 4 aturan yang terpenuhi, yaitu aturan 15, aturan 16, aturan 17, dan aturan 18. Selanjutnya perhitungan fungsi implikasi minimum dihitung dengan rumus 9.

$$\alpha_{predikat} [15] = \min (\mu_{Banyak} \cap \mu_{Normal} \cap \mu_{Berkurang})$$

$$= \min (0,5 \cap 0,1 \cap 0,68) = 0,1$$

$$\alpha_{predikat} [16] = \min (\mu_{Banyak} \cap \mu_{Normal} \cap \mu_{Bertambah})$$

$$= \min (0,5 \cap 0,1 \cap 0,32) = 0,1$$

$$\alpha_{predikat} [17] = \min (\mu_{Banyak} \cap \mu_{Panas} \cap \mu_{Berkurang})$$

$$= \min (0,5 \cap 0,4 \cap 0,68) = 0,4$$

$$\alpha_{predikat} [18] = \min (\mu_{Banyak} \cap \mu_{Panas} \cap \mu_{Bertambah})$$

$$= \min (0,5 \cap 0,4 \cap 0,32) = 0,32$$

Tabel 6. Tabel Alpha Predikat

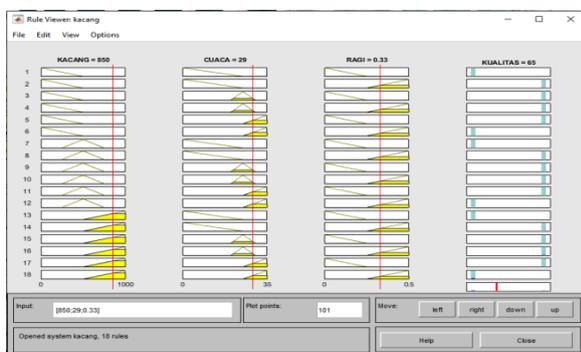
Rules	$\alpha_{predikat}$	Zn
15	0,1	95
16	0,1	95
17	0,4	95
18	0,32	50

Perhitungan defuzzifikasi adalah sebagai berikut :

$$WA = \frac{0,1(95)+0,1(95)+0,4(95)+0,32(50)}{0,1+0,1+0,4+0,32}$$

$$= 79,3$$

Maka hasil perhitungan yang diperoleh menggunakan metode sugeno adalah 79,3.



Gambar 5. Rule Viewer Fuzzy Sugeno

2. Jumat, 02 Juni 2023

Kacang = 900, maka fungsi keanggotaan yang digunakan :

$$\mu_{Banyak} [900] = \frac{900-500}{1000-500} = \frac{400}{500} = 0,8$$

Cuaca = 27, maka fungsi keanggotaan yang digunakan :

$$\mu_{Normal} [27] = \frac{30-27}{30-20} = \frac{3}{10} = 0,3$$

$$\mu_{Panas} [27] = \frac{27-25}{35-25} = \frac{2}{10} = 0,2$$

Ragi = 1/2 (0.5) maka fungsi keanggotaan yang digunakan :

$$\mu_{Bertambah} [0,5] = 1$$

Berdasarkan tabel aturan terdapat 2 aturan yang terpenuhi, yaitu aturan 16 dan aturan 18. Selanjutnya perhitungan fungsi implikasi minimum dihitung dengan rumus 9.

$$\alpha_{predikat} [16] = \min (\mu_{Banyak} \cap \mu_{Normal} \cap \mu_{Bertambah})$$

$$= \min (0,8 \cap 0,3 \cap 1) = 0,3$$

$$\alpha_{predikat} [18] = \min (\mu_{Banyak} \cap \mu_{Panas} \cap \mu_{Bertambah})$$

$$= \min (0,8 \cap 0,2 \cap 1) = 0,2$$

Tabel 7. Tabel Alpha Predikat

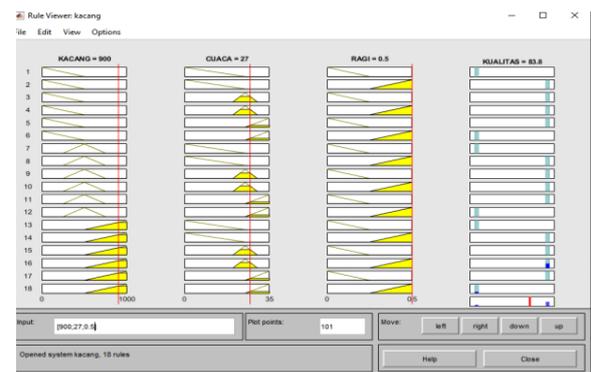
Rules	$\alpha_{predikat}$	Zn
16	0,3	95
18	0,2	50

Perhitungan defuzzifikasi adalah sebagai berikut :

$$WA = \frac{0,3(95)+0,2(50)}{0,3+0,2}$$

$$= 77$$

Maka hasil perhitungan yang diperoleh menggunakan metode sugeno adalah 77.



Gambar 6. Rule Viewer Fuzzy Sugeno

3. Sabtu, 03 Juni 2023

Kacang = 600, maka fungsi keanggotaan yang digunakan :

$$\mu_{Sedang} [600] = \frac{750-600}{500} = \frac{150}{500} = 0,3$$

$$\mu_{Banyak} [600] = \frac{600-500}{1000-500} = \frac{100}{500} = 0,2$$

Cuaca = 27, maka fungsi keanggotaan yang digunakan :

$$\mu_{Normal} [27] = \frac{30-27}{30-20} = \frac{3}{10} = 0,3$$

$$\mu_{Panas} [27] = \frac{27-25}{35-25} = \frac{2}{10} = 0,2$$

Ragi = 1/4 (0,25), maka fungsi keanggotaan yang digunakan :

$$\mu_{Berkurang} [0,25] = 1$$

Bedasarkan tabel data aturan terdapat 4 aturan yang terpenuhi, yaitu aturan 9, aturan 11, aturan 15, dan aturan 17. Selanjutnya perhitungan fungsi implikasi minimum dihitung dengan rumus 9.

$$\alpha_{predikat}[9] = \min (\mu_{Sedang} \cap \mu_{Normal} \cap \mu_{Berkurang})$$

$$= \min (0,3 \cap 0,3 \cap 1) = 0,3$$

$$\alpha_{predikat}[11] = \min (\mu_{Sedang} \cap \mu_{Panas} \cap \mu_{Berkurang})$$

$$= \min (0,3 \cap 0,2 \cap 1) = 0,2$$

$$\alpha_{predikat}[15] = \min (\mu_{Banyak} \cap \mu_{Normal} \cap \mu_{Berkurang})$$

$$= \min (0,2 \cap 0,3 \cap 1) = 0,2$$

$$\alpha_{predikat}[17] = \min (\mu_{Banyak} \cap \mu_{Panas} \cap \mu_{Berkurang})$$

$$= \min (0,2 \cap 0,2 \cap 1) = 0,2$$

Tabel 8 Tabel Alpa Predikat

Rules	$\alpha_{predikat}$	Zn
9	0,3	95
11	0,2	95
15	0,2	95
17	0,2	95

Perhitungan defuzzifikasi adalah sebagai berikut :

$$WA = \frac{0,3(95)+0,2(95)+0,2(95)+0,2(95)}{0,3+0,2+0,2+0,2}$$

$$= 95$$

Maka hasil perhitungan yang diperoleh menggunakan metode sugeno adalah 95.



Gambar 7. Rule Viewer Fuzzy Sugeno

3.1. Hasil Perhitungan

Untuk data selanjutnya digunakan perhitungan yang serupa dengan yang sudah dijelaskan, sehingga hasilnya dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 9. Tabel perbandingan kualitas dengan fuzzy sugeno

Tanggal	Kacang	Cuaca	Ragi	Kualitas	
				Realisasi	Fuzzy Sugeno
Senin, 29 Mei 2023	800g	27	1/3	95	95
Selasa, 30 Mei 2023	800g	27	1/3	95	95
Rabu, 31 Mei 2023	800g	25	1/3	75	79,3
Kamis, 01 Juni 2023	850g	29	1/3	85	79,3
Jumat, 02 Juni 2023	900g	27	1/2	90	77
Sabtu, 03 Juni 2023	600g	27	1/4	90	95
Minggu, 04 Juni 2023	600g	27	1/4	90	95
Senin, 05 Juni 2023	800g	35	1/3	50	79,3
Selasa, 06 Juni 2023	800g	27	1/3	95	95
Rabu, 07 Juni 2023	800g	25	1/3	75	95
Kamis, 08 Juni 2023	850g	29	1/3	85	79,3
Jumat, 09 Juni 2023	900g	25	1/2	80	95
Sabtu, 10 Juni 2023	850g	29	1/3	85	79,3
Minggu, 11 Juni 2023	500g	27	1/4	80	47,5
Senin, 12 Juni 2023	900g	27	1/2	90	77
Selasa, 13 Juni 2023	800g	27	1/3	95	95
Rabu, 14 Juni 2023	800g	27	1/3	95	95
Kamis, 15 Juni 2023	850g	29	1/3	85	79,3
Jumat, 16 Juni 2023	900g	27	1/2	90	77
Sabtu, 17 Juni 2023	850g	29	1/3	85	79,3
Minggu, 18 Juni 2023	600g	27	1/4	90	95
Senin, 19 Juni 2023	800g	27	1/3	95	95
Selasa, 20 Juni 2023	800g	35	1/4	85	95
Rabu, 21 Juni 2023	800g	27	1/3	95	95
Kamis, 22 Juni 2023	1000g	25	1/2	75	95
Jumat, 23 Juni 2023	900g	27	1/2	90	77
Sabtu, 24 Juni 2023	850g	25	1/2	85	95
Minggu, 25 Juni 2023	600g	27	1/4	85	95
Senin, 26 Juni 2023	800g	32	1/4	90	95
Selasa, 27 Juni 2023	800g	27	1/3	95	95

3.2. Menentukan Nilai Mape

Untuk mendapatkan nilai akurasi dari logika fuzzy sugeno dalam pengoptimalan kualitas tempe pada proses fermentasi didapatkan dilakukan perhitungan MAPE dengan rumus 11. Hasil dari perhitungan MAPE dapat dilihat seperti tabel 8.

Tabel 10. Tabel Perhitungan MAPE

Tanggal	Yt	Ŷt	Yt - Ŷt	Yt - Ŷt	Yt - Ŷt / Yt
Senin, 29 Mei 2023	95	95	0	0	0
Selasa, 30 Mei 2023	95	95	0	0	0

Rabu, 31 Mei 2023	75	95	-20	20	0,266667
Kamis, 01 Juni 2023	85	79,3	5,7	5,7	0,067059
Jumat, 02 Juni 2023	90	77	13	13	0,144444
Sabtu, 03 Juni 2023	90	95	-5	-5	-0,055556
Minggu, 04 Juni 2023	90	95	-5	5	0,055556
Senin, 05 Juni 2023	50	79,3	-29,3	29,3	0,586
Selasa, 06 Juni 2023	95	95	0	0	0
Rabu, 07 Juni 2023	75	95	-20	20	0,266667
Kamis, 08 Juni 2023	85	79,3	5,7	5,7	0,067059
Jumat, 09 Juni 2023	80		80	-80	-1
Sabtu, 10 Juni 2023	85	79,3	5,7	5,7	0,067059
Minggu, 11 Juni 2023	80	47,5	2,5	2,5	0,40625
Senin, 12 Juni 2023	90	77	13	13	0,144444
Selasa, 13 Juni 2023	95	95	0	0	0
Rabu, 14 Juni 2023	95	95	0	0	0
Kamis, 15 Juni 2023	85	79,3	5,7	5,7	0,067059
Jumat, 16 Juni 2023	90	77	13	13	0,144444
Sabtu, 17 Juni 2023	85	79,3	5,7	5,7	0,067059
Minggu, 18 Juni 2023	90	95	-5	5	0,055556
Senin, 19 Juni 2023	95	95	0	0	0
Selasa, 20 Juni 2023	85	95	-10	10	0,117647
Rabu, 21 Juni 2023	95	95	0	0	0
Kamis, 22 Juni 2023	75	95	-20	20	0,266667
Jumat, 23 Juni 2023	90	77	13	13	0,144444
Sabtu, 24 Juni 2023	85	95	-10	10	0,117647
Minggu, 25 Juni 2023	90	95	-5	5	0,055556
Senin, 26 Juni 2023	90	95	-5	5	0,055556
Selasa, 27 Juni 2023	95	95	0	0	0
JUMLAH					2,107283

Hasil dari suatu peramalan dikatakan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10%. Perhitungan nilai MAPE dihitung dengan rumus 11.

$$MAPE = \frac{2,107283}{30} \times 100 = 7,02\%$$

Dari hasil perhitungan MAPE diperoleh nilai 7,02%, dimana sesuai dengan tabel 4, nilai 7,02% termasuk pada penelitian tinggi dan menunjukkan bahwa metode fuzzy sugeno sangat efisien digunakan dalam menentukan optimasi kualitas tempe. Semakin rendah nilai MAPE, semakin baik data aktualnya.

$$\text{tingkat kebenaran} = 100\% - 7.02\% = 92,98\%$$

4. Kesimpulan

Hasil dari penerapan logika fuzzy dengan metode sugeno pada sistem yang telah dimodelkan dapat digunakan untuk mengoptimalkan kualitas tempe pada proses fermentasi dengan menggunakan variabel input kacang, cuaca, dan ragi. Dari hasil pengujian persentase kesalahan yang dilakukan, diperoleh hasil sebesar 7,02%, yang mana ini menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik. Untuk tingkat kebenaran dari hasil perhitungan tersebut sebesar 92,98%. Dari hasil tersebut dapat membuktikan bahwa sistem ini dapat dijadikan sistem pengoptimalan kualitas tempe pada proses fermentasi.

Daftar Rujukan

- [1] Anggraini, T. N., Samosir, R. A., Saputri, E. C., & Windarto, A. P. 2020. Fuzzy Inferensi System Pada Produksi Tempe Dengan Algoritma Tsukamoto. *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, pp.292-296.
- [2] Alvina, A., Hamdani, D., & Jumiono, A. 2019. Proses Pembuatan Tempe Tradisional. *Jurnal Pangan Halal*, 1(1), pp.9-12.
- [3] Apriyanto, M., Fangohoi, L., Aprilia, V., Diba, D. F., Prayitno, S. H., Nurhayati, N., et al. 2021. *Pangan Berbasis Fermentasi*. Yogyakarta: Nuta Media
- [4] Akmalia, D., Furqon, I. K., & Mutmainah, I. 2022. Proses Produksi Tempe Ditinjau Dari Ekonomi Islam. *Sahmiyyah*, 1(1), pp. 113-123.
- [5] Irnanda, K. F., Windarto, A. P., & Damanik, I. S. 2022. Optimasi Particle Swarm Optimization Pada Peningkatan Prediksi dengan Metode Backpropagation Menggunakan Software rapidMiner. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(1) pp.122-130.
- [6] Surbakti, A. B., Rahayu, S. P., BR PA, S. M., & Ginting, R. B. 2020. Sistem Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Penentuan Optimasi Ragi Tempe Pada Proses Fermentasi tempe Kedelai Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. *Ilmiah SIMANTEK*, 4(2), pp.146-160.
- [7] Tjolleng, A. 2017. *Pengantar Pemograman MATLAB*. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- [8] Kusumadewi, S., & Purnomo, H. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [9] Nurdini, S., Nurcahyo, G. W., & Santony, J. 2021. Analisis Perkiraan Jumlah Produksi Tahu Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno. *Sistem Informasi dan teknologi*, 3(1), pp.18-23.
- [10] T, S., Mulyanto, E., & Suharto, V. 2011. *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [11] Basriati, S., Safitri, E., & Nofridayani, P. 2020. Penerapan Metode fuzzy Tsukamoto dalam Menentukan Jumlah Produksi Tahu. *Sains Teknologi dan Industri*, 18(1), pp.120-125.