

Application of Fuzzy Logic in Predicting Grocery Store Revenue [Penerapan Logika Fuzzy Dalam Memprediksi Penghasilan Toko Sembako]

Hamzah Dwi Kusuma¹⁾, Hindarto²⁾, Arif Senja Fitrani³⁾, Azmuri Wahyu Azinar⁴⁾

¹⁾ Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

³⁾ Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

⁴⁾ Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. Grocery stores are retail businesses that are vulnerable to price fluctuations and uncertain market conditions. To overcome uncertainty in income planning, this study applies the Mamdani fuzzy logic method to predict grocery store income more accurately. Data were obtained through direct observation for one month at a grocery store in Sidoarjo, including the number of items sold, the price of the items, and operational costs. Each variable was classified into a fuzzy set using a membership function based on a triangle curve and shoulders. The fuzzy system was then formed with 27 if-then rules and the output results were calculated using the Weighted Average defuzzification method. Based on input data of 1,004 units of goods sold, a total price of Rp14,124,500, and operational costs of Rp4,500,000, the system predicted an income of Rp10,000,000. Evaluation using MAPE comparison of calculations and predictions using fuzzy logic shows an error rate of 0%, indicating that this model is very accurate and has the potential to be applied in small-scale retail business decision support systems.

Keywords - Grocery store, income prediction, fuzzy logic, Mamdani, Matlab

Abstrak. Toko sembako merupakan usaha ritel yang rentan terhadap fluktuasi harga dan kondisi pasar yang tidak pasti. Untuk mengatasi ketidakpastian dalam perencanaan penghasilan, penelitian ini menerapkan metode logika fuzzy Mamdani guna memprediksi penghasilan toko sembako secara lebih akurat. Data diperoleh melalui observasi langsung selama satu bulan pada toko sembako di Sidoarjo, mencakup jumlah barang terjual, harga barang, dan biaya operasional. Setiap variabel diklasifikasikan ke dalam himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan berbasis kurva segitiga dan bahu. Sistem fuzzy kemudian dibentuk dengan 27 aturan if-then dan hasil output dihitung menggunakan metode defuzzifikasi Weighted Average. Berdasarkan data input sebesar 1.004 unit barang terjual, total harga Rp14.124.500, dan biaya operasional Rp4.500.000, sistem memprediksi penghasilan sebesar Rp10.000.000. Evaluasi menggunakan MAPE perbandingan perhitungan dan prediksi menggunakan logika fuzzy menunjukkan tingkat error 0%, menandakan bahwa model ini sangat akurat dan berpotensi diterapkan dalam sistem pendukung keputusan bisnis ritel skala kecil.

Kata Kunci - Toko sembako, prediksi penghasilan, logika fuzzy, mamdani, Matlab

I. PENDAHULUAN

Toko sembako sebagai usaha ritel harian menghadapi tantangan fluktuasi harga, musim, dan dinamika pasar. Ketidakpastian ini membutuhkan pendekatan prediktif yang mampu menangani data ambigu, di mana logika fuzzy menjadi solusi karena kemampuannya memodelkan ketidakpastian melalui derajat keanggotaan[1]. Penelitian ini menerapkan logika fuzzy untuk memprediksi penghasilan toko sembako guna meningkatkan akurasi perencanaan dan mengurangi risiko operasional.

Studi sebelumnya menunjukkan keberhasilan logika fuzzy dalam prediksi penjualan[2] dan optimasi produksi[3], namun umumnya terbatas pada variabel harga dan volume tanpa mempertimbangkan biaya operasional atau faktor eksternal seperti musim. Validasi juga sering terbatas, sehingga skalabilitasnya diragukan. Penelitian ini menggunakan metode Mamdani untuk mengatasi keterbatasan tersebut dengan menambahkan variabel baru dan pengujian berbasis data jangka panjang[4].

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model fuzzy Mamdani yang akurat dan andal dalam memprediksi penghasilan toko sembako, serta mengevaluasi skalabilitasnya dalam berbagai skenario bisnis.

II. METODE

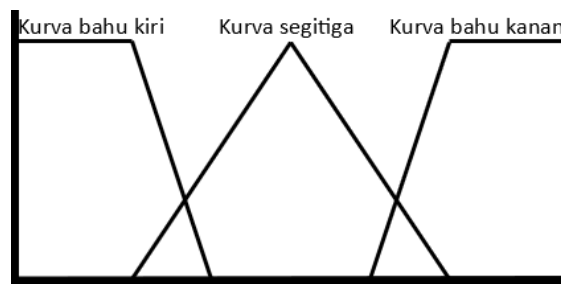
2.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan langsung dari toko sembako yang terletak di Jl. Sunandar P.S. No. 85, Sidokare, Sidoarjo. Pengambilan data dilakukan selama 1 bulan dengan mencatat seluruh aktivitas transaksi, termasuk barang yang laku terjual, harga per item, diskon (jika ada), dan total penjualan harian. Selain itu, pemilik

toko juga dimintai informasi mengenai biaya operasional, seperti biaya listrik, air, transportasi, dan pengeluaran rutin lainnya. Proses pengumpulan data dilakukan dengan wawancara singkat kepada pengelola toko serta pencatatan manual menggunakan buku kas dan dokumen pembukuan toko. Hal ini memastikan bahwa data yang diperoleh akurat dan sesuai dengan kondisi riil usaha. Untuk meminimalisir kesalahan, setiap catatan diperiksa ulang sebelum dianalisis lebih lanjut.

2.2 Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi merupakan proses konversi angka menjadi representasi dalam himpunan fuzzy disertai dengan penentuan nilai keanggotaannya[5]. Penelitian ini menggunakan tiga variabel sebagai input, yaitu jumlah barang terjual, harga barang, dan biaya operasional, sedangkan output yang dianalisis berupa besaran penghasilan. Baik variabel input maupun output direpresentasikan melalui beberapa himpunan fuzzy yang mencerminkan nilai linguistiknya[6]. Dalam membantu proses penentuan derajat keanggotaan, peneliti mengaplikasikan kurva bahu dan segitiga. Kedua jenis kurva ini menyederhanakan representasi dengan pola linear yang meningkat dan menurun. Derajat keanggotaan pada setiap variabel dihitung menggunakan kurva bahu dan kurva segitiga.



Gambar 1. Kurva

a. Representasi Kurva Bahu dan Segitiga

- Fungsi keanggotaan yang menggambarkan bentuk kurva bahu kiri:

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

- Fungsi keanggotaan yang menggambarkan bentuk kurva bahu kanan:

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

- Fungsi keanggotaan yang menggambarkan bentuk kurva Segitiga:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & x = b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \end{cases}$$

2.3 Rules Fuzzy

Pada sistem logika fuzzy, aturan menjelaskan keterkaitan antar variabel melalui pendekatan linguistik, yang diperoleh atas dasar berbagai data yang ada. Rules fuzzy diterapkan dalam format if-then pada himpunan fuzzy, dengan menggunakan operator seperti 'OR', 'AND', serta 'NOT'[7]. Penelitian ini mengembangkan 27 aturan berdasarkan variabel dan kategori bahasa yang telah ditentukan. Tiga variabel input yang digunakan adalah jumlah barang terjual, harga barang, dan biaya operasional. Setiap variabel memiliki nilai linguistik yang dibagi menjadi tiga kategori: sedikit, sedang, dan banyak untuk jumlah barang terjual; rendah, sedang, dan tinggi untuk harga barang; serta rendah, sedang, dan tinggi untuk biaya operasional. Sementara itu, penghasilan dikelompokkan dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi.

2.4 Infrensi Fuzzy

Proses inferensi fuzzy digunakan untuk mengevaluasi aturan-aturan yang relevan dengan input yang diberikan, dengan menentukan derajat keanggotaan masing-masing input terhadap kategori linguistiknya[8]. Inferensi dilakukan menggunakan metode Mamdani, yaitu dengan menghitung kekuatan aturan (firing strength) menggunakan operator MIN pada kondisi AND, lalu menghasilkan output fuzzy yang dipotong sesuai dengan nilai derajat keanggotaan tersebut[9]. Seluruh output dari aturan yang aktif kemudian digabungkan melalui proses agregasi menggunakan operator MAX, dan hasil akhirnya ditentukan melalui proses defuzzifikasi.

2.5 Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi adalah langkah terakhir yang mengubah hasil dari output fuzzy (berupa derajat keanggotaan) menjadi nilai penghasilan yang pasti atau crisp value[10]. Pada penelitian ini defuzzifikasi penghasilan pada toko sembako menggunakan metode Weighted Average (Bobot Rata-Rata).

$$WA = \frac{a_1 * z_1 + a_2 * z_2 + \dots + a_n * z_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n}$$

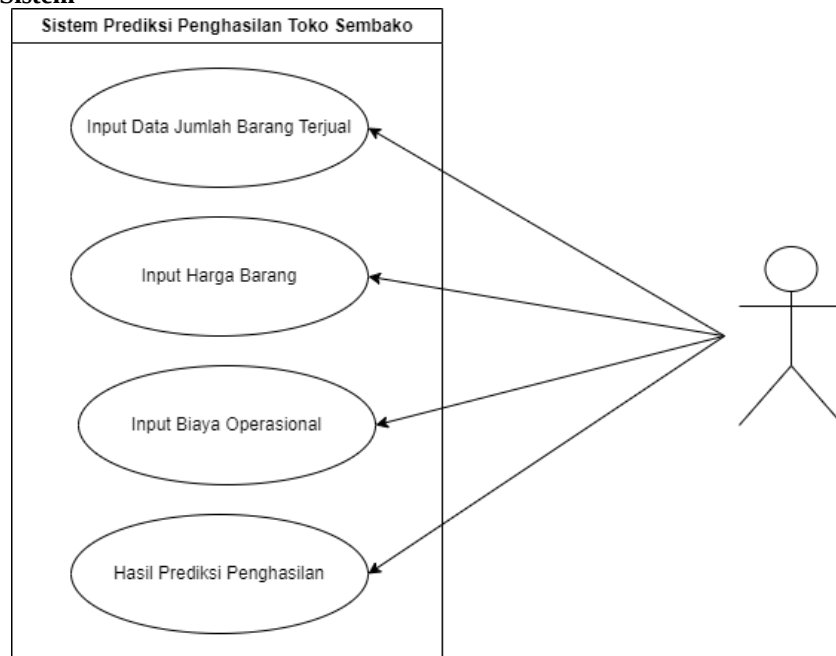
Keterangan :

WA = rerata

a_n = predikat aturan ke- n

z_n = indeks nilai output (konstanta) ke- n .

2.6 Perancangan Sistem



Gambar 2 Use Case Diagram

Dalam penerapan logika fuzzy, diagram use case dimanfaatkan untuk memvisualisasikan interaksi antara pengguna dan sistem, terutama dalam konteks sistem kontrol maupun sistem pendukung keputusan[8]. Perancangan sistem prediksi penghasilan toko sembako ini mencakup beberapa komponen utama untuk menghasilkan estimasi pendapatan yang akurat. Sistem ini menerima input data jumlah barang terjual, harga barang, dan biaya operasional sebagai dasar perhitungan. Dengan memproses data tersebut, sistem kemudian menghasilkan hasil prediksi penghasilan yang dapat membantu pemilik toko dalam perencanaan keuangan, pengelolaan stok, dan pengambilan keputusan bisnis. Pendekatan ini memungkinkan prediksi yang lebih terukur, terutama dalam menghadapi fluktuasi harga dan dinamika pasar yang sering terjadi pada usaha ritel sembako.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Berikut hasil data yang diterima:

- a. Harga Toko Sembako

Tabel 1. Harga Toko Sembako

No	Nama Produk	Satuan	Harga (IDR)
1	Beras	1 kg	15,000
2	LPG	1 kg	19,000
3	Minyak Goreng	1 liter	18,000
4	Gula	1 kg	18,000
5	Telur Ayam	1 kg	28,000
6	Tepung Terigu	1 kg	12,500
7	Tepung Robe	1 sachet	2,500
8	Tepung Tapioka	1 sachet	8,000
9	Garam Daun	1 sachet (500 g)	5,000
10	Aqua Botol Sedang	600 ml	3,000
11	Aqua Botol Besar	1.500 ml	6,000
12	Teh Celup	1 kotak (25)	8,000
13	Bawang Merah	1 kg	25,000
14	Bawang Putih	1 kg	30,000
15	Cabai Merah	1 kg	40,000
16	Cabai Rawit	1 kg	50,000
17	Kemiri	1 kg	30,000
18	Ketumbar	1 kg	40,000
19	Santan Instan	1 bungkus	3,000
20	Ladaku	1 sachet	1,000
21	Masako	1 sachet	1,000
22	Royco	1 sachet	1,000
23	Rinso cair	1 sachet	2,000
24	Soklin	1 sachet	2,000
25	Sunlight	1 sachet	2,500
26	molto	1 sachet	2,000
27	Sabun Giv	1 batang	3,000
28	Sabun Dettol	1 batang	3,000
29	Sabun Lux	1 batang	4,000
30	Sabun Lifebuoy	1 batang	5,000
31	Sampo	1 sachet	2,000
32	Kapal Api	1 sachet	2,500
33	Tora Susu/Moka	1 sachet	2,500
34	Dancow	1 sachet	3,000
35	Milo	1 sachet	2,500
36	indomilk	1 sachet	2,000
37	Kecap	1 sachet	2,500
38	Kecap Manis	1 botol	12,000
39	Saos Sambal	1 botol	9,000
40	Mie Instan	1 bungkus	3,000
41	Pasta Gigi	1 tube (75 g)	7,000
42	Sikat Gigi	1 biji	3,500
43	Kertas Bungkus	1 bungkus (8 biji)	1,500
44	Krupuk	1 bungkus	2,000
45	Obat Nyamuk Zebra	1 biji	1,500
46	Autan	1 sachet	1,000
47	Korek	1 sachet	2,000
48	Rokok Surya	1 bungkus	27,000
49	Rokok Dji Sam Soe	1 bungkus	18,000
50	Rokok LA Lights	1 bungkus	32,000
51	Rokok Sampoerna	1 bungkus	28,000
52	Rokok Clas Mild	1 bungkus	27,000
53	Rokok Magnum Hitam	1 bungkus	17,500

54	Rokok Magnum Biru	1 bungkus	22,500
55	Rokok Mozza	1 bungkus	11,000
56	Tisu Gulung	1 roll	5,000
57	Hansaplast	1 biji	1,000
58	betadine	1 botol	19,000
59	Tisu Kotak	1 box	8,000
60	Antangin	1 sachet	4,000
61	Tolak Angin	1 sachet	4,000
62	Minyak Kayu Putih	1 botol	13,000

Pada Tabel 1 ini menampilkan daftar harga produk sembako dan kebutuhan harian yang dijual di toko. Data mencakup 62 jenis barang dengan variasi satuan (kg, liter, sachet, botol, dll.) dan harga per satuan dalam IDR.

b. Biaya Operasional

Tabel 2. Biaya Operasional

Jenis Biaya	Jumlah
Listrik	500,000
Pembelian Stok Barang	4,000,000

Pada Tabel 2 merinci biaya operasional bulanan toko, terdiri dari Pembayaran Listrik sebesar Rp500,000 dan Pembelian Stok Barang sebesar 4,000,000 dengan jumlah keseluruhan total biaya operasional sebesar Rp4.500.000/bulan.

c. Jumlah Barang Terjual

Tabel 3. Jumlah Barang Terjual

Nama Produk	Harga per Satuan (IDR)	Jumlah Terjual per Bulan	Total Penghasilan (IDR)
Beras	15,000	45 kg	675,000
LPG	19,000	20 tabung	380,000
Minyak Goreng	18,000	41 liter	738,000
Gula	18,000	39 kg	702,000
Telur Ayam	28,000	35 kg	980,000
Tepung Terigu	12,500	25 kg	312,500
Tepung Robe	2,500	17 sachet	42,500
Tepung Tapioka	8,000	16 sachet	128,000
Garam Daun	5,000	29 sachet	145,000
Aqua Botol Sedang	3,000	10 botol	30,000
Aqua Botol Besar	6,000	5 botol	30,000
Teh Celup	8,000	7 pcs	56,000
Bawang Merah	25,000	25 kg	625,000
Bawang Putih	30,000	29 kg	870,000
Cabai Merah	40,000	23 kg	920,000
Cabai Rawit	50,000	17 kg	850,000
Kemiri	30,000	19 kg	570,000
Ketumbar	40,000	14 kg	560,000
Santan Instan	3,000	20 sachet	60,000
Ladaku	1,000	21 sachet	21,000
Masako	1,000	27 sachet	27,000
Royco	1,000	19 sachet	19,000
Rinso cair	2,000	17 sachet	34,000
Soklin	2,000	9 sachet	18,000
Sunlight	2,500	14 sachet	35,000
Molto	2,000	5 sachet	10,000
Sabun Giv	3,000	7 batang	21,000
Sabun Dettol	3,000	8 batang	24,000

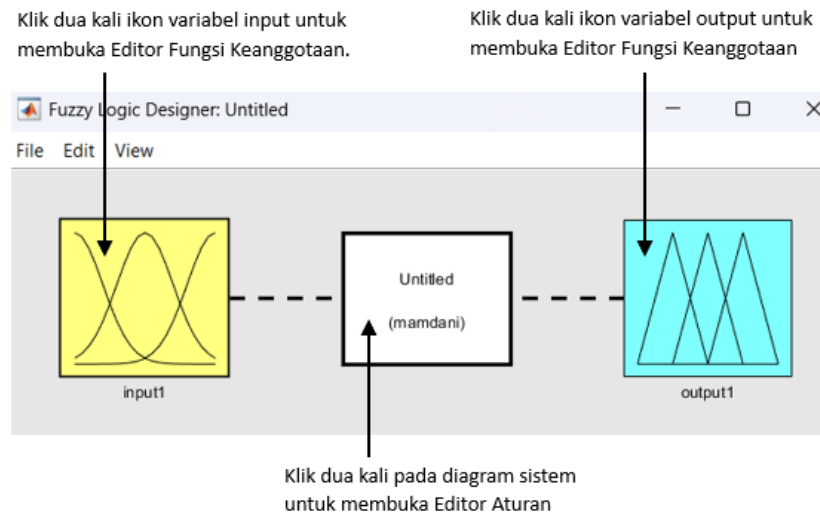
Sabun Lux	4,000	4 batang	16,000
Sabun Lifebuoy	5,000	7 batang	35,000
Sampo	2,000	9 sachet	18,000
Kapal Api	2,500	20 sachet	50,000
Tora Susu/Moka	2,500	17 sachet	42,500
Dancow	3,000	6 sachet	18,000
Milo	2,500	4 sachet	10,000
Indomilk	2,000	1 sachet	2,000
Kecap	2,500	13 sachet	32,500
Kecap Manis	12,000	7 botol	84,000
Saos Sambal	9,000	3 botol	27,000
Mie Instan	3,000	19 bungkus	57,000
Pasta Gigi	7,000	5 tube	35,000
Sikat Gigi	3,500	4 biji	14,000
Kertas Bungkus	1,500	130 bungkus	195.000
Krupuk	2,000	8 bungkus	16,000
Obat Nyamuk Zebra	1,500	5 biji	7,500
Autan	1,000	10 sachet	10,000
Korek	2,000	20 biji	40,000
Rokok Surya	27,000	18 bungkus	486,000
Rokok Dji Sam Soe	18,000	13 bungkus	234,000
Rokok LA Lights	32,000	7 bungkus	224,000
Rokok Sampoerna	28,000	9 bungkus	252,000
Rokok Clas Mild	27,000	6 bungkus	162,000
Rokok Magnum Hitam	17,500	18 bungkus	315,000
Rokok Magnum Biru	22,500	9 bungkus	202,500
Rokok Mozza	11,000	20 bungkus	220,000
Tisu Gulung	5,000	5 roll	25,000
Hansaplast	1,000	3 sachet	3,000
Betadine	19,000	1 botol	19,000
Tisu Kotak	8,000	6 box	48,000
Antangin	4,000	6 sachet	24,000
Tolak Angin	4,000	5 sachet	20,000
Minyak Telon	12,000	2 botol	24,000
Minyak Kayu Putih	13,000	3 botol	39,000

Tabel 3 menunjukkan volume penjualan per produk dalam sebulan, termasuk total penghasilan per item. Berdasarkan tabel tersebut jumlah barang terjual terdapat 1,004 unit dan Total keseluruhan harga barang yang telah dijual sebesar Rp14,124,500/bulan.

B. Analisis Sistem

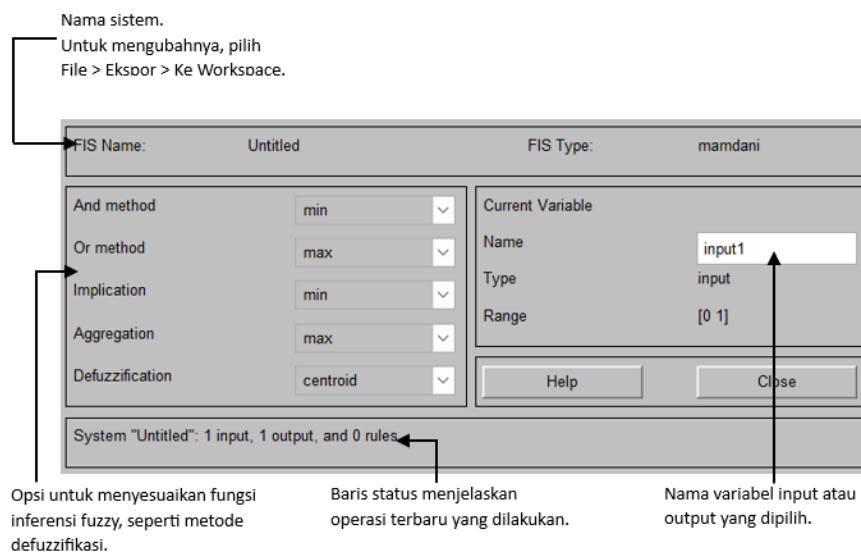
Dalam penelitian ini, perangkat lunak yang dimanfaatkan adalah Matlab versi R2021a. Matlab menyediakan beragam fitur dan alat bantu untuk menerapkan metode Mamdani dalam logika fuzzy. Adapun tahapan penggunaan Matlab dengan metode Mamdani dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Perancang Logika Fuzzy



Gambar 3. Antarmuka Fuzzy Logic Designer

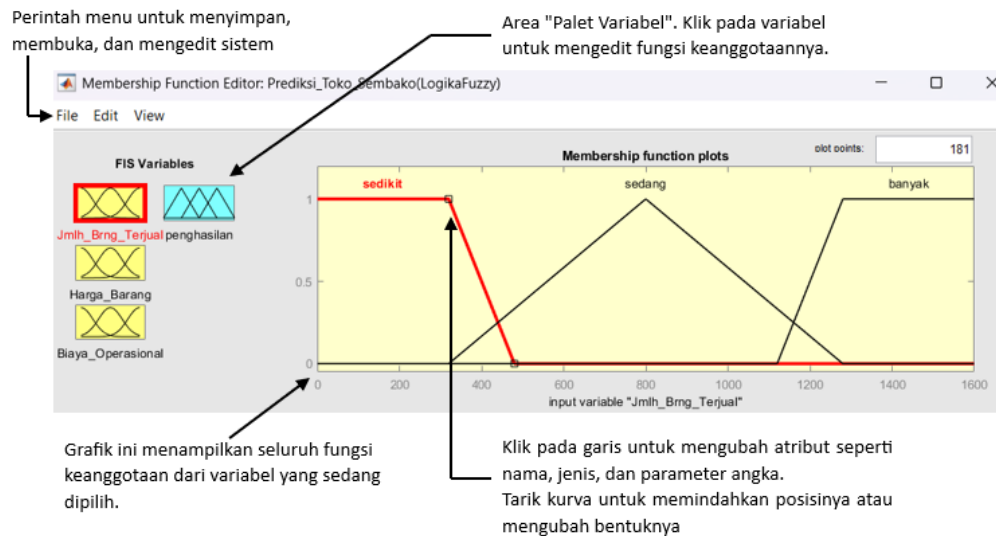
Gambar 3 menunjukkan tampilan awal dari Fuzzy Logic Designer di Matlab. Diagram ini menampilkan alur sistem fuzzy secara keseluruhan, mulai dari input (kiri), sistem inferensi fuzzy (tengah), hingga output (kanan). Pengguna dapat mengklik ganda ikon input atau output untuk membuka Editor Fungsi Keanggotaan, serta mengklik diagram sistem untuk membuka Editor Aturan. Tampilan ini merupakan langkah awal dalam membangun dan mengelola sistem fuzzy berbasis metode Mamdani.



Gambar 4. Antarmuka Pengaturan FIS (Fuzzy Inference System)

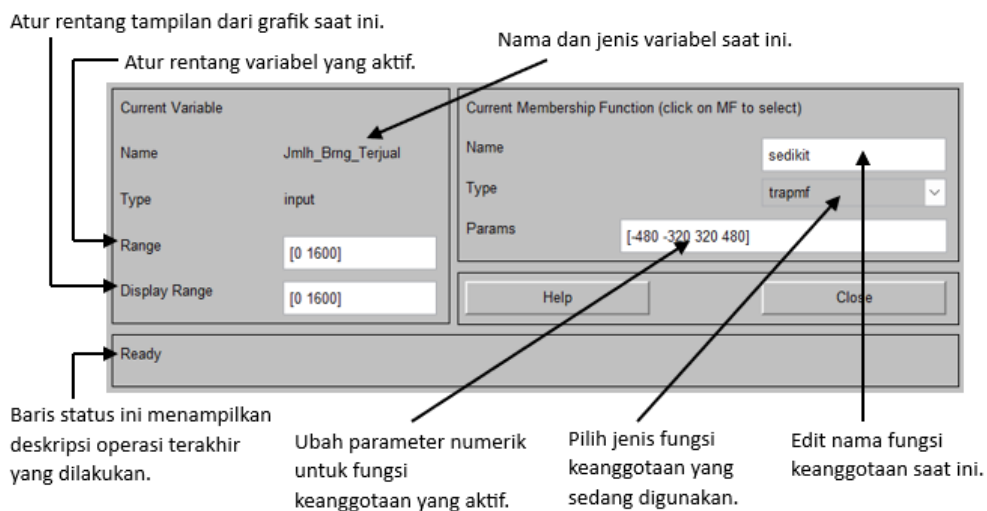
Gambar 4 menampilkan panel konfigurasi utama sistem fuzzy di Matlab. Di bagian kiri terdapat opsi untuk menyesuaikan metode inferensi fuzzy, seperti And method, Or method, Implication, Aggregation dan Defuzzification (misalnya metode centroid). Di sebelah kanan, ditampilkan informasi tentang variabel yang sedang aktif, seperti nama, jenis (input/output), dan rentang nilainya. Baris status di bagian bawah memberikan ringkasan sistem, termasuk jumlah input, output, dan aturan yang digunakan. Panel ini berfungsi sebagai pusat pengaturan dan identifikasi komponen dalam sistem fuzzy yang sedang dirancang.

2. Editor Fungsi Keanggotaan



Gambar 5. Editor Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Gambar 5 memperlihatkan tampilan antarmuka Membership Function Editor yang digunakan untuk mengatur bentuk fungsi keanggotaan variabel dalam sistem fuzzy. Di sisi kiri terdapat Palet Variabel yang menampilkan seluruh variabel input dan output, seperti *Jmlh_Brng_Terjual*, *Harga_Barang*, dan *Biaya_Operasional*. Pengguna dapat mengeklik salah satu variabel untuk melihat dan mengedit grafik fungsi keanggotaannya. Bagian kanan menampilkan grafik dari fungsi keanggotaan untuk variabel yang sedang aktif, dalam hal ini *Jmlh_Brng_Terjual*, dengan kategori linguistik seperti “sedikit”, “sedang”, dan “banyak”. Pengguna dapat mengklik dan menyeret titik-titik pada kurva untuk mengubah bentuk atau rentang fungsi. Antarmuka ini mendukung pengaturan visual dan interaktif untuk menyempurnakan pemodelan fuzzy secara intuitif.



Gambar 6. Panel Konfigurasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy

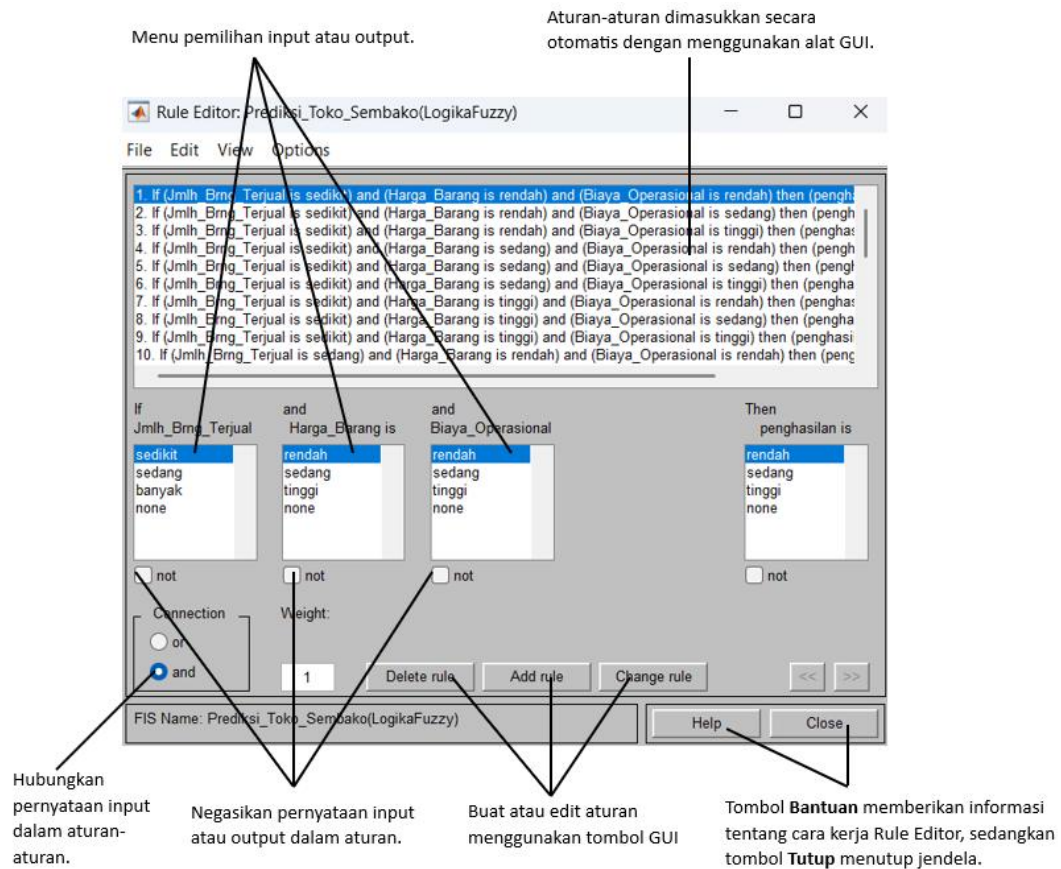
Gambar 6 menunjukkan panel pengaturan numerik yang muncul saat pengguna memilih salah satu fungsi keanggotaan pada Membership Function Editor. Di sini ditampilkan nama variabel (*Jmlh_Brng_Terjual*), tipe (input), serta rentang nilainya.

Pengguna dapat mengubah:

- Tipe fungsi keanggotaan (misalnya *trapmf* atau trapezoidal membership function)
- Parameter angka yang menentukan bentuk kurva (misalnya [-480 -320 320 480])
- Nama fungsi keanggotaan yang sedang aktif (misalnya “sedikit”)

Bagian bawah juga menampilkan baris status yang menjelaskan operasi terakhir yang dilakukan. Fitur ini penting untuk pengaturan yang presisi dan pengujian akurasi sistem fuzzy berdasarkan data aktual.

3. Editor Aturan

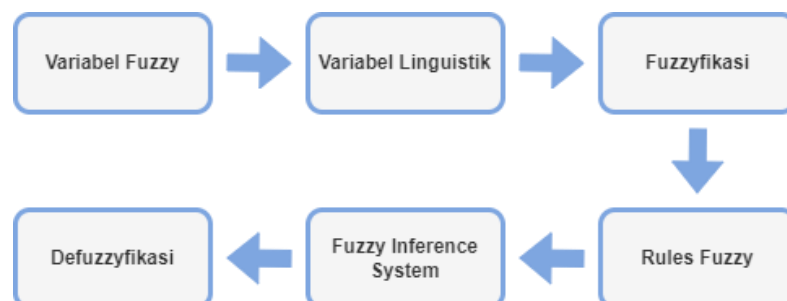


Gambar 7. Antarmuka Rule Editor

Pada Gambar 7 menunjukkan tampilan Rule Editor di Matlab yang digunakan untuk menyusun aturan logika fuzzy. Pengguna dapat memilih variabel input dan output, menetapkan nilai linguistik, serta membuat, mengedit, atau menghapus aturan menggunakan antarmuka GUI.

C. Analisis Data

Pengolahan data dengan logika fuzzy terdiri dari enam tahap, yaitu: penentuan variabel fuzzy, penetapan kategori linguistik, transformasi data ke dalam bentuk fuzzy, penyusunan aturan, pelaksanaan proses inferensi, serta validasi hasil. Seluruh tahapan ini saling berkaitan untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat, khususnya dalam kondisi data yang mengandung ketidakpastian.



Gambar 8. Struktur Fuzzy Inference System FIS

Berdasarkan hasil observasi selama satu bulan pada pemilik toko sembako, diketahui bahwa jumlah barang yang terjual sebanyak 1.004 unit, dengan total pendapatan dari penjualan sebesar Rp14.124.500, serta pengeluaran operasional mencapai Rp4.500.000. Maka, berapa perkiraan penghasilan yang didapatkan?

1. Variabel Fuzzy

Variabel dalam sistem fuzzy tidak merepresentasikan satu nilai tetap, melainkan memiliki tingkat keanggotaan pada suatu himpunan yang mencerminkan ketidakpastian atau ambiguitas data [12]. Penelitian ini menyertakan empat variabel pada fungsi fuzzy guna menentukan jumlah penghasilan. Variabel input terdiri dari jumlah barang terjual, harga barang, dan biaya operasional. Variabel outputnya adalah penghasilan, di mana hasil akhirnya menunjukkan jumlah yang diperoleh.

2. Variabel Linguistik

Variabel linguistik adalah variabel yang nilai-nilainya berupa istilah-istilah linguistik (kata-kata atau frasa) yang merepresentasikan konsep yang bersifat subjektif atau tidak pasti, dan biasanya digunakan dalam logika fuzzy untuk memodelkan ketidakpastian dan ambiguitas dalam data [13]. Pada keempat variabel fuzzy dalam studi, penentuan nilai linguistik untuk masing-masing variabel dilakukan terlebih dahulu seperti berikut:

- 1) Variabel Jumlah barang terjual : sedikit, sedang, dan banyak.
- 2) Variabel Harga barang : murah, sedang, dan banyak.
- 3) Variabel Biaya operasional : kecil, sedang, dan besar.
- 4) Variabel Penghasilan : sedikit, sedang, dan banyak

3. Proses Fuzzyfikasi

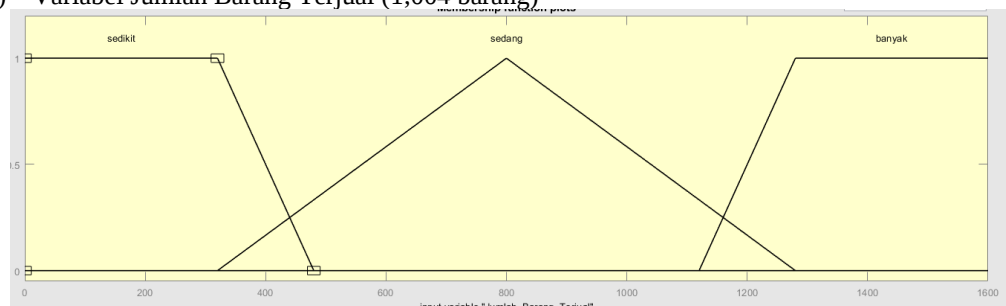
Fungsi keanggotaan tiap variabel ditentukan berdasarkan data yang telah diperoleh, lalu himpunan fuzzy-nya dibentuk menggunakan fungsi keanggotaan yang telah ditetapkan. Pada Tabel 4 menjelaskan pengelompokan variabel-variabel yang digunakan dalam sistem logika fuzzy beserta kategori linguistik (himpunan fuzzy) dan interval numeriknya. Variabel dibagi menjadi dua kelompok utama yaitu input dan output

Tabel 4. Variabel dan Himpunan Fuzzy

Variabel	Kriteria	Himpunan	Interval
Input	Jumlah barang terjual	Sedikit	≤ 320
		Sedang	$320 - 1280$
		Banyak	≥ 1.280
	Harga barang	Rendah	$\leq 4.000.000$
		Sedang	$4.000.000 - 16.000.000$
		Tinggi	$\geq 16.000.000$
	Biaya Operasional	Rendah	$\leq 2.000.000$
		Sedang	$2.000.000 - 8.000.000$
		Tinggi	$\geq 8.000.000$
Output	Penghasilan	Rendah	$\leq 4.000.000$
		Sedang	$4.000.000 - 16.000.000$
		Tinggi	$\geq 16.000.000$

Menentukan nilai derajat keanggotaan disetiap variabel sebagai berikut:

- 1) Variabel Jumlah Barang Terjual (1,004 barang)



Gambar 9. Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Jumlah Barang Terjual

Gambar 9 menampilkan fungsi keanggotaan fuzzy untuk variabel input Jumlah Barang Terjual dalam sistem prediksi penghasilan toko sembako. Fungsi ini mencakup tiga kategori linguistik, yaitu sedikit, sedang, dan banyak. Nilai derajat keanggotaan pada variabel jumlah barang terjual sebagai berikut:

- a. Himpunan sedikit (x).

$$x = \begin{cases} 0; & x \geq 480 \\ \frac{480 - x}{480 - 320}; & x \leq 320, x \geq 480 \\ 1; & x \leq 320 \end{cases}$$

- Karena $x = 1004 \geq 480$, maka $\mu_{sedikit}(1004) = 0$

- b. Himpunan sedang (x)

$$x = \begin{cases} 0; & x \leq 320 \text{ atau } x \geq 1280 \\ \frac{x - 320}{800 - 320}; & 320 \leq x \leq 800 \\ 1; & x = 800 \\ \frac{1280 - x}{1280 - 800}; & 800 \leq x \leq 1280 \end{cases}$$

- Karena $800 \leq 1004 \leq 1280$, maka :

$$\mu_{sedang}(1004) = \frac{1280 - 1004}{1280 - 800} = \frac{276}{480} = 0.575$$

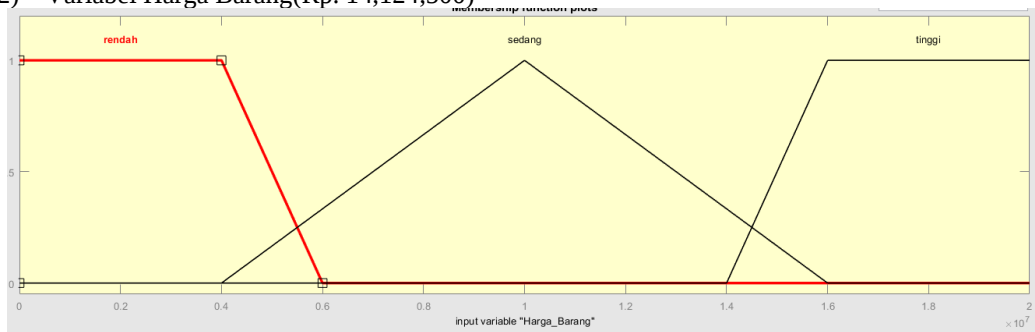
- c. Himpunan banyak (x)

$$x = \begin{cases} 0; & x \leq 1120 \\ \frac{x - 1120}{1280 - 1120}; & 1120 \leq x \leq 1280 \\ 1; & x \geq 1280 \end{cases}$$

- Karena $1120 \leq 1004 \leq 1280$ maka :

$$\mu_{banyak}(1004) = \frac{1004 - 1120}{1280 - 1120} = \frac{-116}{160} = 0$$

2) Variabel Harga Barang(Rp. 14,124,500)



Gambar 10. Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Harga Barang

Gambar 10 menampilkan fungsi keanggotaan fuzzy untuk variabel Harga Barang dalam sistem prediksi penghasilan toko sembako. Fungsi ini mencakup tiga kategori linguistik, yaitu rendah, sedang, tinggi. Nilai derajat keanggotaan pada variabel harga barang sebagai berikut:

- a. Himpunan rendah (x).

$$x = \begin{cases} 0; & x \geq 6000000 \\ \frac{6000000 - x}{6000000 - 4000000}; & x \leq 4000000, x \geq 6000000 \\ 1; & x \leq 4000000 \end{cases}$$

- Karena $x = 14124500 \geq 6000000$, maka $\mu_{rendah}(14124500) = 0$

- b. Himpunan sedang (x)

$$x = \begin{cases} 0; x \leq 4000000 \text{ atau } x \geq 16000000 \\ \frac{x - 4000000}{500 - 4000000}; 4000000 \leq x \leq 10000000 \\ 1; x = 10000000 \\ \frac{10000000 - x}{16000000 - 10000000}; 10000000 \leq x \leq 16000000 \end{cases}$$

- Karena $10000000 \leq 14124500 \leq 16000000$, maka :

$$\mu_{sedang}(14124500) = \frac{16000000 - 14124500}{16000000 - 10000000} = \frac{1875500}{6000000} = 0.3126$$

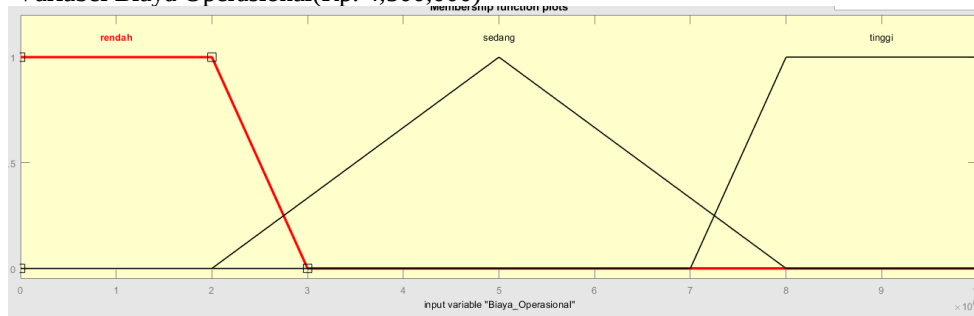
- c. Himpunan tinggi (x)

$$x = \begin{cases} 0; x \leq 14000000 \\ \frac{x - 14000000}{16000000 - 14000000}; 14000000 \leq x \leq 16000000 \\ 1; x \geq 16000000 \end{cases}$$

- Karena $14000000 \leq 14124500 \leq 16000000$ maka :

$$\mu_{tinggi}(14124500) = \frac{14124500 - 14000000}{16000000 - 14000000} = \frac{124500}{2000000} = 0.06225$$

3) Variabel Biaya Operasional(Rp. 4,500,000)



Gambar 11. Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Biaya Operasional

Gambar 11 menampilkan fungsi keanggotaan fuzzy untuk variabel Biaya Operasional dalam sistem prediksi penghasilan toko sembako. Fungsi ini mencakup tiga kategori linguistik, yaitu rendah, sedang, tinggi. Nilai derajat keanggotaan pada variabel biaya operasional sebagai berikut:

- a. Himpunan rendah (x).

$$x = \begin{cases} 0 & ; x \geq 3000000 \\ \frac{3000000 - x}{3000000 - 2000000} & ; x \leq 2000000, x \geq 3000000 \\ 1 & ; x \leq 2000000 \end{cases}$$

- Karena $x = 4500000 \geq 3000000$, maka $\mu_{rendah}(4500000) = 0$

- b. Himpunan sedang (x)

$$x = \begin{cases} 0; x \leq 2000000 \text{ atau } x \geq 8000000 \\ \frac{x - 2000000}{5000000 - 2000000}; 2000000 \leq x \leq 5000000 \\ 1; x = 5000000 \\ \frac{5000000 - x}{8000000 - 5000000}; 5000000 \leq x \leq 8000000 \end{cases}$$

- Karena $2000000 \leq 4500000 \leq 5000000$, maka :

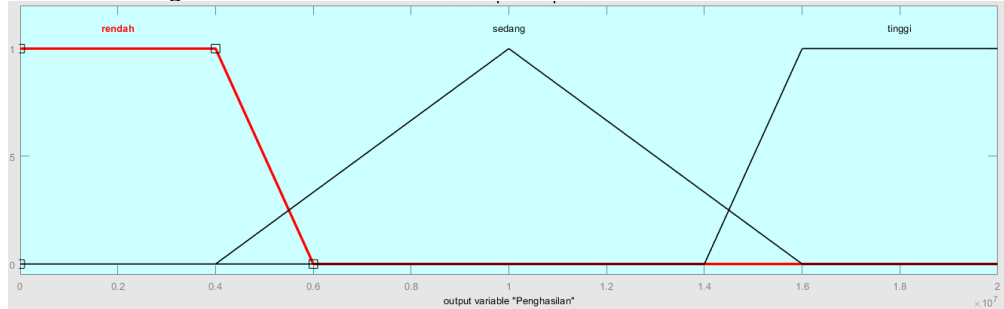
$$\mu_{sedang}(4500000) = \frac{4500000 - 2000000}{5000000 - 2000000} = \frac{2500000}{3000000} = 0.8333$$

c. Himpunan tinggi (x)

$$x = \begin{cases} 0 & ; x \leq 7000000 \\ \frac{x - 7000000}{8000000 - 7000000} & ; 7000000 \leq x \leq 8000000 \\ 1 & ; x \geq 8000000 \end{cases}$$

- Karena $4500000 \leq 7000000$, maka $\mu_{tinggi}(4500000) = 0$

4) Variabel Penghasilan



Gambar 12. Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Penghasilan

Gambar 12 menampilkan fungsi keanggotaan fuzzy untuk variabel Penghasilan dalam sistem prediksi penghasilan toko sembako. Fungsi ini mencakup tiga kategori linguistik, yaitu rendah, sedang, tinggi. Nilai derajat keanggotaan pada variabel penghasilan sebagai berikut:

a. Himpunan rendah (x).

$$x = \begin{cases} 0 & ; x \geq 6000000 \\ \frac{6000000 - x}{6000000 - 4000000} & ; x \leq 4000000, x \geq 6000000 \\ 1 & ; x \leq 4000000 \end{cases}$$

b. Himpunan sedang (x)

$$x = \begin{cases} 0 & ; x \leq 4000000 \text{ atau } x \geq 16000000 \\ \frac{x - 4000000}{500 - 4000000} & ; 4000000 \leq x \leq 10000000 \\ 1 & ; x = 10000000 \\ \frac{10000000 - x}{16000000 - 10000000} & ; 10000000 \leq x \leq 16000000 \end{cases}$$

c. Himpunan tinggi (x)

$$x = \begin{cases} 0 & ; x \leq 14000000 \\ \frac{x - 14000000}{16000000 - 14000000} & ; 14000000 \leq x \leq 16000000 \\ 1 & ; x \geq 16000000 \end{cases}$$

4. Rules Fuzzy

Berikut adalah aturan-aturan yang telah dibuat:

1. Jika jumlah produk terjual sedikit, harga produk murah, serta biaya operasional rendah, maka penghasilannya rendah.
2. Jika jumlah produk terjual sedikit, harga produk murah, serta biaya operasional sedang, maka penghasilannya rendah.
3. Jika jumlah produk terjual sedikit, harga produk murah, serta biaya operasional tinggi, maka penghasilannya rendah.
4. Jika jumlah produk terjual sedikit, harga produk sedang, serta biaya operasional rendah, maka penghasilannya rendah.
5. Jika jumlah produk terjual sedikit, harga produk sedang, serta biaya operasional sedang, maka penghasilannya rendah.
6. Jika jumlah produk terjual sedikit, harga produk sedang, serta biaya operasional tinggi, maka penghasilannya rendah.

7. Jika jumlah produk terjual sedikit, harga produk tinggi, serta biaya operasional rendah, maka penghasilannya sedang.
8. Jika jumlah produk terjual sedikit, harga produk tinggi, serta biaya operasional sedang, maka penghasilannya sedang.
9. Jika jumlah produk terjual sedikit, harga produk tinggi, serta biaya operasional tinggi, maka penghasilannya sedang.
10. Jika jumlah produk terjual sedang, harga produk murah, serta biaya operasional rendah, maka penghasilannya rendah.
11. Jika jumlah produk terjual sedang, harga produk murah, serta biaya operasional sedang, maka penghasilannya rendah.
12. Jika jumlah produk terjual sedang, harga produk murah, serta biaya operasional tinggi, maka penghasilannya sedang.
13. Jika jumlah produk terjual sedang, harga produk sedang, serta biaya operasional rendah, maka penghasilannya rendah.
14. Jika jumlah produk terjual sedang, harga produk sedang, serta biaya operasional sedang, maka penghasilannya sedang.
15. Jika jumlah produk terjual sedang, harga produk sedang, serta biaya operasional tinggi, maka penghasilannya sedang.
16. Jika jumlah produk terjual sedang, harga produk tinggi, serta biaya operasional rendah, maka penghasilannya sedang.
17. Jika jumlah produk terjual sedang, harga produk tinggi, serta biaya operasional sedang, maka penghasilannya sedang.
18. Jika jumlah produk terjual sedang, harga produk tinggi, serta biaya operasional tinggi, maka penghasilannya tinggi.
19. Jika jumlah produk terjual banyak, harga produk murah, serta biaya operasional rendah, maka penghasilannya sedang.
20. Jika jumlah produk terjual banyak, harga produk murah, serta biaya operasional sedang, maka penghasilannya sedang.
21. Jika jumlah produk terjual banyak, harga produk murah, serta biaya operasional tinggi, maka penghasilannya sedang.
22. Jika jumlah produk terjual banyak, harga produk sedang, serta biaya operasional rendah, maka penghasilannya sedang.
23. Jika jumlah produk terjual banyak, harga produk sedang, serta biaya operasional sedang, maka penghasilannya sedang.
24. Jika jumlah produk terjual banyak, harga produk sedang, serta biaya operasional tinggi, maka penghasilannya tinggi.
25. Jika jumlah produk terjual banyak, harga produk tinggi, serta biaya operasional rendah, maka penghasilannya tinggi.
26. Jika jumlah produk terjual banyak, harga produk tinggi, serta biaya operasional sedang, maka penghasilannya tinggi.
27. Jika jumlah produk terjual banyak, harga produk tinggi, serta biaya operasional tinggi, maka penghasilannya tinggi.

5. Inferensi Fuzzy

Berdasarkan aturan fuzzy yang diberikan, kemudian mengevaluasi aturan-aturan yang relevan dengan input:

- ✓ Jumlah Barang Terjual : Sedang (0.575), Banyak (0)
- ✓ Harga Barang : Sedang (0.3126), Tinggi (0.06225)
- ✓ Biaya Operasional : Sedang (0.8333), Tinggi (0)

Aturan yang relevan:

- 1) Aturan 14: Jika Jumlah Barang Terjual Sedang, Harga Barang Sedang, Biaya Operasional Sedang, maka Penghasilan Sedang.
 - Derajat keanggotaan: $\min(0.575, 0.3126, 0.8333) = 0.3126$
 - Output : Sedang (4,000,000 – 16,000,000)
- 2) Aturan 15: Jika Jumlah Barang Terjual Sedang, Harga Barang Sedang, Biaya Operasional Tinggi, maka Penghasilan Sedang.

- Derajat keanggotaan: $\min(0.575, 0.3126, 0) = 0$
 - Output : tidak relevan
- 3) Aturan 17: Jika Jumlah Barang Terjual Sedang, Harga Barang Tinggi, Biaya Operasional Sedang, maka Penghasilan Sedang.
- Derajat keanggotaan: $\min(0.575, 0.06225, 0.8333) = 0.06225$
 - Output Sedang : $(4,000,000 - 16,000,000)$
- 4) Aturan 18: Jika Jumlah Barang Terjual Sedang, Harga Barang Tinggi, Biaya Operasional Tinggi, maka Penghasilan Tinggi.
- Derajat keanggotaan: $\min(0.575, 0.3126, 0) = 0$
 - Output : tidak relevan

6. Defuzzyfikasi

Menggunakan metode Weighted Average:

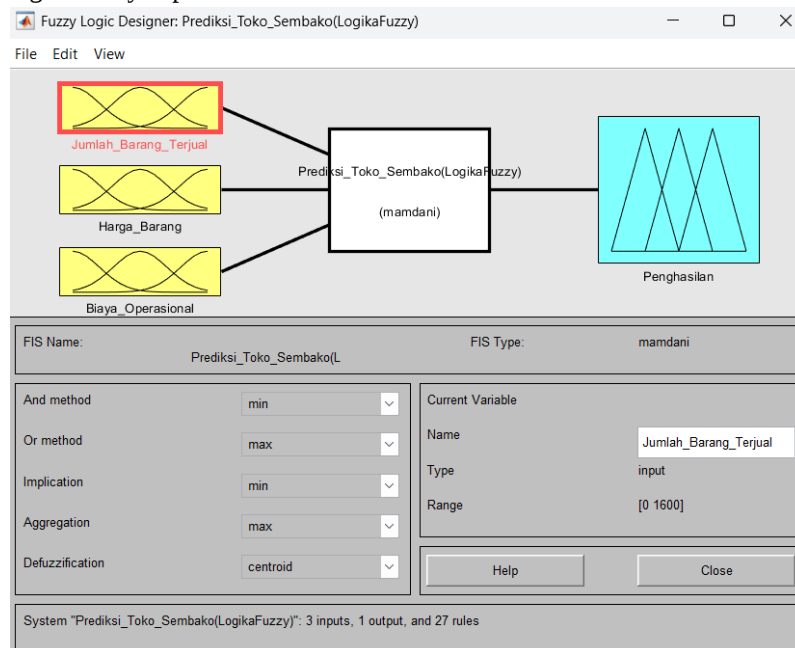
- Aturan 14: $a_1 = 0.3126, z_1 = 10,000,000 = 10,000,000$ (titik tengah Sedang).
- Aturan 17: $a_2 = 0.06225, z_2 = 10,000,000 = 10,000,000$ (titik tengah Sedang).

$$\begin{aligned}
 WA &= \frac{a_1 * z_1 + a_2 * z_2 + \dots + a_n * z_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} \\
 &= \frac{0,3126 * 10,000,000 + 0,06225 * 10,000,000}{0,3126 + 0,06225} \\
 &= \frac{3,126,000 + 622,500}{0,37485} \\
 &= \frac{3,748,500}{0,37485} \\
 &= 10,000,000
 \end{aligned}$$

Penghasilan yang dihasilkan adalah 10,000,000

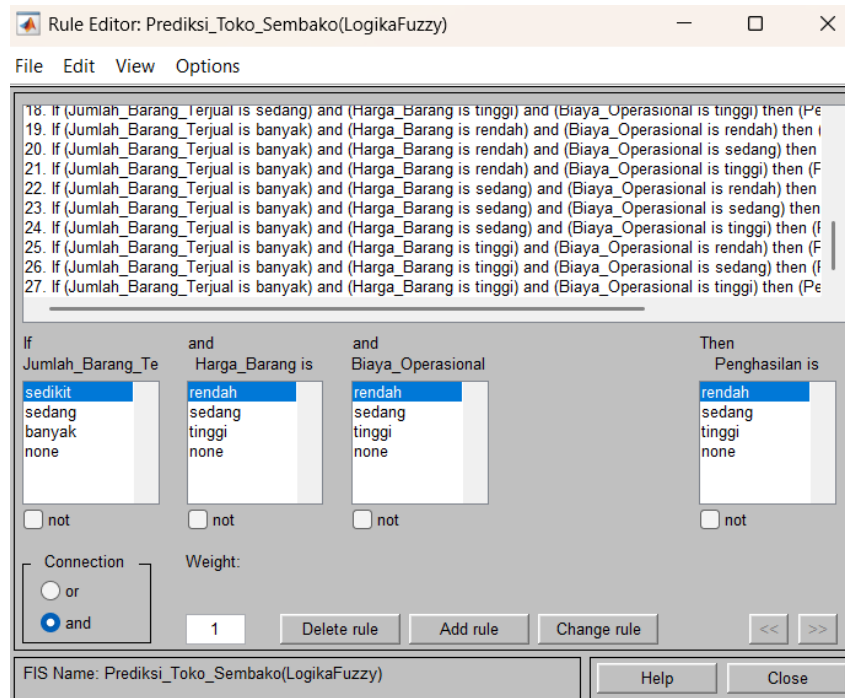
D. Prediksi Penghasilan Logika Fuzzy Menggunakan Matlab

Pada Gambar 13 tersebut menampilkan antarmuka Fuzzy Logic Designer untuk system Prediksi Toko Sembako (Logika Fuzzy) untuk memprediksi penghasilan toko sembako berdasarkan tiga variabel input yaitu jumlah barang terjual, harga barang dan biaya operasional.



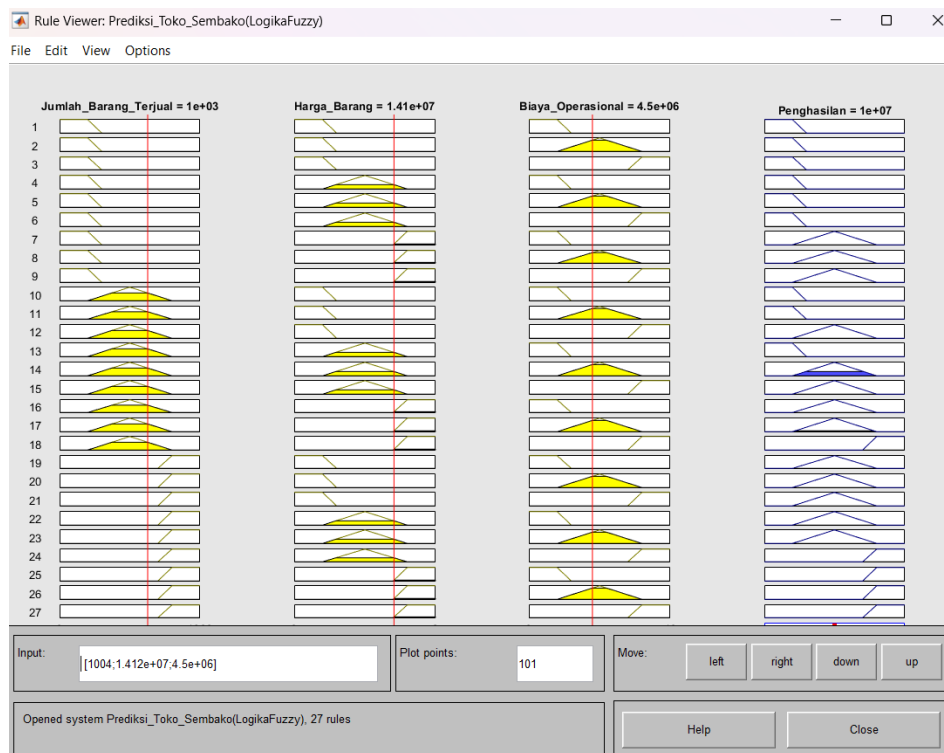
Gambar 13. Antarmuka Fuzzy Designer Prediksi Toko Sembako

Pada gambar 14 terdapat 27 aturan (rules) yang telah dibuat sebelumnya aturan ini menghubungkan 3 variabel input dengan 1 variabel output.



Gambar 14. Editor Aturan Fuzzy Toko Sembako

Sistem ini akan mengatur aturan fuzzy berdasarkan data input pada toko sembako yang akan diprediksi penghasilannya. Diketahui jumlah barang terjual ada 1004 barang, total jumlah harga barang terjual adalah Rp 14,124,500 dan Biaya Operasional 4,500,000. Berdasarkan data variabel input tersebut berapa penghasilan yang dihasilkan tersebut ?



Gambar 15. Hasil Simulasi Fuzzy Toko Sembako

Penjelasan pada gambar 15 adalah sebagai berikut:

- Input :
 - Jumlah barang terjual : 1,004 kategori sedang-banyak
 - Harga barang : 14,124,500 kategori tinggi
 - Biaya operasional : 4,500,000 kategori sedang-rendah
- Output :
 - Penghasilan : 10,000,000 kategori sedang-tinggi

Jadi, prediksi penghasilan pada toko sembako sebesar Rp.10,000,000

Untuk menghitung rata-rata persentase kesalahan absolut antara nilai aktual dan nilai prediksi, maka menggunakan rumus MAPE(Mean Absolute Percentage Error).

$$MAPE = \frac{\text{nilai aktual} - \text{nilai prediksi}}{\text{nilai aktual}} * 100\%$$

$$MAPE = \frac{10,000,000 - 10,000,000}{10,000,000} * 100\%$$

$$MAPE = 0\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, metode Weighted Average yang dianalisis menggunakan MAPE menghasilkan nilai error sebesar 0%, yang menunjukkan tingkat akurasi atau keberhasilan sebesar 100%.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa metode logika fuzzy Mamdani dapat digunakan secara efektif untuk memprediksi penghasilan toko sembako dengan hasil yang akurat. Penggunaan tiga variabel input utama—jumlah barang terjual, harga barang, dan biaya operasional—mampu menangkap kompleksitas dan ketidakpastian dalam operasi harian toko ritel. Implementasi sistem menggunakan Matlab R2021a menghasilkan prediksi penghasilan sebesar Rp10.000.000 dengan tingkat akurasi 100% berdasarkan analisis MAPE. Temuan ini menunjukkan bahwa logika fuzzy dapat menjadi alat bantu yang handal dalam perencanaan keuangan dan pengambilan keputusan pada sektor usaha mikro dan kecil, khususnya dalam kondisi pasar yang dinamis dan tidak pasti.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan khusus ditujukan kepada Dosen Pembimbing, yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, masukan, serta arahan yang sangat berharga selama proses penyusunan karya tulis ilmiah ini hingga dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada pemilik toko sembako yang telah bersedia memberikan data dan informasi yang diperlukan. Dukungan dan kerja sama dari semua pihak tersebut sangat membantu dalam proses pengumpulan data serta penerapan metode logika fuzzy pada penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih memiliki keterbatasan, baik dari segi penyajian maupun analisis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca guna perbaikan dan pengembangan penelitian di masa mendatang.

REFERENSI

- [1] D. J. Putra, N. Nofriadi, dan E. Erlinda, "Implementation of Fuzzy Logic Using Mamdani Method to Determine The Quantity of Bag Production (Case Study In Roman Indah Padang Bag Factory)," *JURNAL TEKNOLOGI DAN OPEN SOURCE*, vol. 5, hlm. 1–7, Jun 2022, doi: 10.36378/jtos.v5i1.2220.
- [2] M. Rashid, R. Khan, dan S. K. Ghosh, "A Fuzzy Logic Based Approach towards Sales Forecasting: Case Study of Knit Garments Industry."
- [3] T. E. Salais-Fierro, J. A. Saucedo Martínez, dan B. I. Pérez-Pérez, "A decision making approach using fuzzy logic and anfis: A retail study case," dalam *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2020, hlm. 155–172. doi: 10.1007/978-3-030-48149-0_12.
- [4] J. Tang, D. Wang, R. Y. K. Fung, dan K.-L. Yung, "UNDERSTANDING OF FUZZY OPTIMIZATION: THEORIES AND METHODS *," 2004.
- [5] R. Asrianto dan A. Effendi, "Penerapan Logika Fuzzy Dengan Metode Sugeno Untuk Menentukan Besaran Komisi Pada Layanan Jastip Plgd.Store," *Journal of Software Engineering and Information Systems*, vol. 2, no. 1, hlm. 101–110, 2021, doi: 10.37859/seis.v2i1.3298.
- [6] G. N. Boshnakov, "Introduction to Time Series Analysis and Forecasting, 2nd Edition, Wiley Series in Probability and Statistics, by Douglas C. Montgomery, Cheryl L. Jennings and Murat Kulahci (eds). Published by John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, USA, 2015. Total number of pages: 672 Hardcover: ISBN: 978-1-118-74511-3, ebook: ISBN: 978-1-118-74515-1, etext: ISBN: 978-1-118-74495-6," *J Time Ser Anal*, vol. 37, hlm. 864–864, Nov 2016, doi: 10.1111/jtsa.12203.
- [7] R. N. Al-Faruq dan H. Hindarto, "Prediksi Produksi Rokok Klobot Menggunakan Metode Logika Fuzzy Mamdani," *Indonesian Journal of Applied Technology*, vol. 1, hlm. 14, Jul 2024, doi: 10.47134/ijat.v1i2.3052.
- [8] D. L. Rahakbauw, "PENERAPAN LOGIKA FUZZY METODE SUGENO UNTUK MENENTUKAN JUMLAH PRODUKSI ROTI BERDASARKAN DATA PERSEDIAAN DAN JUMLAH PERMINTAAN," *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol. 9, hlm. 121–134, Des 2015, doi: 10.30598/barekengvol9iss2pp121-134.
- [9] M. Irfan, L. P. Ayuningtias, dan J. Jumadi, "ANALISA PERBANDINGAN LOGIC FUZZY METODE TSUKAMOTO, SUGENO, DAN MAMDANI (STUDI KASUS : PREDIKSI JUMLAH PENDAFTAR MAHASISWA BARU FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG)," *JURNAL TEKNIK INFORMATIKA*, vol. 10, hlm. 9–16, Jan 2018, doi: 10.15408/jti.v10i1.6810.
- [10] S. Nurhayati dan I. Immanudin, "Penerapan Logika Fuzzy Mamdani Untuk Prediksi Pengadaan Peralatan Rumah Tangga Rumah Sakit," *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 8, hlm. 81–87, Okt 2019, doi: 10.34010/komputika.v8i2.2254.
- [11] C. F. Wijaya, L. Magdalena, dan R. Ilyasa, "Sistem Prediksi Kondisi Kesehatan Pasien Penderita Talasemia dengan Menggunakan Logika Fuzzy Tsukamoto," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 7, Des 2021, doi: 10.28932/jutisi.v7i3.3924.
- [12] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and Control*, vol. 8, hlm. 338–353, 1965, doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.
- [13] L. A. Zadeh, "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I," *Inf Sci (N Y)*, vol. 8, hlm. 199–249, 1975, doi: 10.1016/0020-0255(75)90036-5.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.