

# Fuzzy Tsukamoto Untuk Merekomendasikan Pembelian Barang Berdasarkan Data Penjualan

Siti Aisyah Purba\*, Sriani

Fakultas Sains dan Teknologi, Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: <sup>1\*</sup> aisyahprb4@gmail.com, <sup>2</sup>sriani@uinsu.ac.id

Email Penulis Korespondensi: aisyahprb4@gmail.com

Submitted 20-05-2025; Accepted 09-06-2025; Published 30-06-2025

## Abstrak

Perkembangan industri olahraga, khususnya dalam penjualan sepatu futsal, menuntut strategi manajemen persediaan yang mampu mengantisipasi fluktuasi permintaan pasar. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana mengatasi ketidakpastian permintaan sepatu futsal yang disebabkan oleh variabel-variabel seperti tren, musim kompetisi, dan preferensi konsumen yang berubah-ubah. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem rekomendasi pembelian berbasis logika fuzzy menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk meningkatkan efisiensi manajemen stok. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan tahapan metode fuzzy yang terdiri dari fuzzifikasi, pembentukan aturan, inferensi, dan defuzzifikasi. Tools yang digunakan adalah perangkat lunak MATLAB yang mendukung pembuatan sistem inferensi fuzzy dan pemodelan grafik. Penelitian dilakukan di Toko Sepatu Futsal Pasifik Club Sports Sibolga dengan mengolah 1.098 data historis penjualan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dibangun mampu merekomendasikan pembelian sepatu futsal dengan akurasi baik, ditunjukkan oleh nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 15%. Sistem ini tidak hanya memberikan nilai popularitas tiap varian sepatu, namun juga membantu toko dalam menghindari kelebihan atau kekurangan stok. Dengan demikian, metode Fuzzy Tsukamoto terbukti layak digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam manajemen persediaan retail.

**Kata Kunci:** Fuzzy Tsukamoto; Sistem Rekomendasi; Manajemen Persediaan; MATLAB; Sepatu Futsal

## Abstract

The development of the sports industry, especially in futsal shoe sales, requires an inventory management strategy that is able to anticipate fluctuations in market demand. The main problem in this study is how to overcome the uncertainty of futsal shoe demand caused by variables such as trends, competition seasons, and changing consumer preferences. This study aims to develop a fuzzy logic-based purchase recommendation system using the Fuzzy Tsukamoto method to improve stock management efficiency. This study uses a quantitative approach with fuzzy method stages consisting of fuzzification, rule formation, inference, and defuzzification. The tools used are MATLAB software that supports the creation of fuzzy inference systems and graphic modeling. The study was conducted at the Pasifik Club Sports Sibolga Futsal Shoe Store by processing 1,098 historical sales data. The results of the study showed that the system built was able to recommend futsal shoe purchases with good accuracy, indicated by the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value of 15%. This system not only provides a popularity value for each shoe variant, but also helps stores avoid excess or shortage of stock. Thus, the Fuzzy Tsukamoto method is proven to be feasible to be used as a decision-making tool in retail inventory management.

**Keywords:** Fuzzy Tsukamoto; Recommendation System; Inventory Management; MATLAB; Futsal Shoes

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan olahraga futsal di Indonesia yang semakin pesat mendorong para produsen sepatu futsal ternama untuk berlomba-lomba merancang dan memproduksi perlengkapan olahraga, khususnya sepatu futsal, guna memenuhi kebutuhan dan preferensi para pemain. Industri olahraga, khususnya dalam penjualan perlengkapan seperti sepatu futsal, semakin kompetitif seiring meningkatnya minat masyarakat terhadap olahraga ini. Dalam menghadapi kompetisi ini, manajemen persediaan yang tepat menjadi penting bagi perusahaan agar dapat memenuhi permintaan konsumen dengan optimal tanpa menyebabkan kelebihan stok. Data penjualan historis sering kali dijadikan acuan utama dalam memprediksi permintaan di masa mendatang. Namun, data tersebut tidak selalu dapat diandalkan sepenuhnya, mengingat adanya faktor ketidakpastian yang memengaruhi permintaan, seperti perubahan tren atau promosi yang tidak terduga. Ketidakpastian ini memerlukan pendekatan analisis yang dapat menangkap dinamika permintaan secara lebih fleksibel, salah satunya dengan pendekatan logika fuzzy [1].

Toko sepatu dipenuhi dengan berbagai jenis dan merek sepatu yang menawarkan berbagai fitur dan keunggulan. Hal ini sering kali membuat konsumen bingung dalam menentukan pilihan yang paling sesuai dengan kebutuhan mereka. Preferensi konsumen sering kali tidak jelas dan bisa berubah-ubah. Misalnya, seorang konsumen mungkin mengutamakan kenyamanan di satu waktu, tetapi di lain waktu lebih mementingkan desain atau harga. Metode rekomendasi konvensional sering kali kurang efektif dalam mengintegrasikan berbagai kriteria dan menangani ketidakpastian preferensi konsumen. Akibatnya, rekomendasi yang diberikan tidak selalu sesuai dengan kebutuhan individu. Sehingga Diperlukan model keputusan yang mampu mengakomodasi berbagai kriteria dan menangani ketidakpastian secara lebih efektif.

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana toko dapat mengatasi ketidakpastian dalam memprediksi permintaan sepatu futsal. Berdasarkan pemilihan sepatu futsal tentu saja memilih yang sesuai dengan posisi saat bermain. Karena setiap sepatu dirancang untuk memenuhi kebutuhan berbeda seperti shooting, passing, sprint dan penjaga gawang yang memiliki sepatu dengan rancangan yang berbeda. Jenis-jenis produk sepatu futsal seperti Adidas, Mills, Nike, dan Specs [2]. Permintaan sepatu futsal sering kali naik turun karena dipengaruhi oleh tren olahraga, musim

kompetisi, dan preferensi konsumen yang sulit diprediksi. Pendekatan tradisional yang mengandalkan data penjualan historis tidak selalu efektif dalam menangani data yang tidak pasti ini, sehingga diperlukan metode analisis yang lebih fleksibel. Ketidakpastian tersebut mengakibatkan toko berisiko menghadapi ketidakseimbangan persediaan, baik kelebihan stok maupun kekurangan stok, yang dapat menghambat efisiensi dan mengurangi kepuasan pelanggan. Dengan metode Fuzzy Tsukamoto, penelitian ini berupaya mengembangkan sistem rekomendasi pembelian yang dapat mengoptimalkan manajemen persediaan dengan mengidentifikasi variabel dan aturan fuzzy yang relevan. Diharapkan sistem ini mampu menghasilkan rekomendasi pembelian yang lebih akurat dan sesuai dengan kebutuhan pasar sepatu futsal.

Metode Fuzzy Tsukamoto adalah salah satu teknik logika fuzzy yang dapat mengolah data yang tidak pasti dan menghasilkan rekomendasi berbasis aturan-aturan yang fleksibel. Dengan menggunakan metode ini, rekomendasi pembelian sepatu futsal dapat dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor, seperti data penjualan masa lalu, tren kenaikan atau penurunan permintaan, serta stok yang tersedia. Hasil rekomendasi ini diharapkan lebih akurat dan relevan, sehingga perusahaan dapat menentukan jumlah dan waktu pembelian sepatu futsal yang sesuai dengan kebutuhan pasar. Penerapan Fuzzy Tsukamoto dalam rekomendasi pembelian sepatu futsal juga diharapkan dapat membantu perusahaan mengurangi risiko kehabisan stok saat permintaan tinggi serta menghindari penumpukan barang yang berlebihan. Hal ini pada akhirnya mendukung perusahaan dalam mengelola inventori dengan lebih efektif dan efisien, meningkatkan kepuasan pelanggan, serta mempertahankan daya saing di pasar [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah model keputusan yang lebih efektif dan efisien, yang dapat membantu konsumen dalam membuat keputusan yang lebih baik dan meningkatkan kepuasan mereka terhadap produk yang dipilih. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi sistem pendukung keputusan di bidang ritel, khususnya dalam penjualan sepatu futsal [4].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sari dan Siregar pada tahun 2022 dimana penelitian ini menggunakan Fuzzy Inference System metode Tsukamoto untuk penunjang keputusan dalam penilaian evaluasi kinerja karyawan kontak untuk membantu pihak HRD dalam menentukan karyawan yang akan diangkat menjadi karyawan tetap. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini berupa nilai perilaku, disiplin, cara kerja, dan kinerja. Kesimpulan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa metode Tsukamoto mampu untuk membuat keputusan evaluasi layak atau tidak karyawan kontrak diangkat menjadi karyawan tetap berdasarkan variabel. Salah satu hasil perhitungan menunjukkan nilai 93,4 yang artinya layak diangkat menjadi karyawan tetap [5].

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Quddustiani (2021) dimana peneliti menggunakan metode fuzzy Tsukamoto untuk penentuan jurusan SMA. Tujuan penelitian adalah membantu siswa untuk menentukan jurusan sesuai dengan kemampuan yang dimiliki oleh calon siswa baru. Variabel input yang digunakan dalam penelitian adalah nilai IPS, Bahasa, dan IPA, sedangkan untuk variabel output berupa jurusan SMA yaitu IPA, IPS, dan Bahasa. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa fuzzy Tsukamoto bisa melakukan penentuan jurusan menggunakan hasil nilai pada Ujian Akhir Sekolah, dengan menggunakan tiga mata pelajaran yaitu, IPA, IPS, dan Bahasa [6].

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu maka metode Fuzzy Tsukamoto dianggap mampu menangani hal ini karena kemampuannya dalam menangani data yang tidak pasti dan memberikan rekomendasi yang lebih akurat dan relevan [7]. Penelitian ini perlu dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi penerapan metode Fuzzy Tsukamoto dalam memberikan rekomendasi pemilihan sepatu futsal. Dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem yang dapat memproses data penjualan historis guna menghasilkan rekomendasi yang mempertimbangkan berbagai variabel, seperti tren permintaan, perubahan stok, dan pola pembelian konsumen.

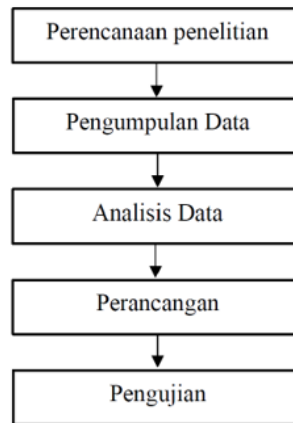
Dalam penelitian ini, tools yang digunakan untuk mengimplementasikan dan menguji metode Fuzzy Tsukamoto adalah MATLAB [8], yang dikenal luas sebagai perangkat lunak berbasis komputasi numerik dan pemodelan sistem cerdas. MATLAB dipilih karena kemampuannya yang unggul dalam mengelola data numerik, membangun sistem inferensi fuzzy, serta memvisualisasikan hasil secara interaktif. Dengan menggunakan MATLAB, peneliti dapat merancang aturan fuzzy, menentukan fungsi keanggotaan, serta memproses data penjualan dan persediaan sepatu futsal secara efisien [9].

Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi variabel dan aturan fuzzy yang relevan untuk diterapkan dalam model ini, sehingga rekomendasi pembelian yang dihasilkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan persediaan, mengurangi risiko kelebihan maupun kekurangan stok, dan mendukung perusahaan dalam memenuhi permintaan pasar secara optimal. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam mendukung perusahaan membuat keputusan pembelian yang lebih tepat guna dalam konteks industri sepatu futsal.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Kerangka Kerja Penelitian

Kerangka kerja penelitian merupakan tahapan – tahapan yang akan diterapkan pada saat melakukan penelitian [10]. Maka dengan hal ini akan dilakukan agar tahapan penelitian yang dilakukan lebih terstruktur. Kerangka kerja berfungsi untuk menggambarkan proses yang sistematis dalam penelitian ini, dari tahapan menganalisa data hingga menyimpulkan hasil. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Menganalisis Metode Fuzzy Tsukamoto Sebagai Model Keputusan Untuk Rekomendasi Pemilihan Sepatu Futsal. Berikut pada gambar 1 beberapa tahapan penelitian yang dilakukan.



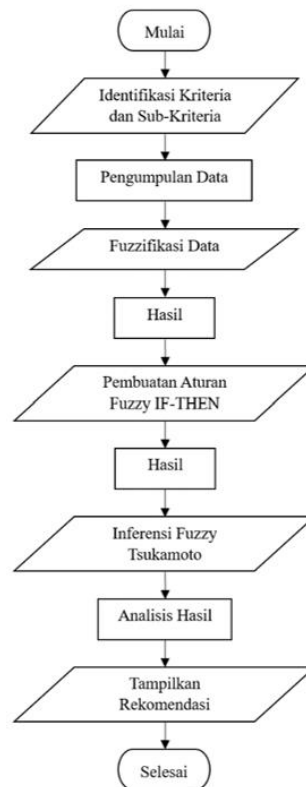
**Gambar 1.** Kerangka Penelitian

## 2.2 Tahapan Metode

Langkah awal dalam penelitian ini adalah tahap perencanaan, yaitu dengan menentukan topik yang akan dibahas, yakni Analisis Metode Fuzzy Tsukamoto sebagai Model Keputusan untuk Rekomendasi Pemilihan Sepatu Futsal. Pada tahap ini juga dilakukan kajian terhadap beberapa konsep dasar yang relevan dengan penelitian, seperti logika fuzzy dan metode Fuzzy Tsukamoto. Logika fuzzy merupakan suatu pendekatan pengambilan keputusan berbasis aturan yang dirancang untuk menangani ketidakpastian, ketidakjelasan, dan kompleksitas dalam suatu sistem, terutama ketika data yang digunakan tidak bersifat biner atau pasti. Berbeda dengan logika klasik yang hanya mengenal nilai benar (1) atau salah (0), logika fuzzy menggunakan derajat keanggotaan dengan rentang nilai antara 0 dan 1 untuk merepresentasikan seberapa besar suatu elemen termasuk dalam suatu himpunan [11]. Salah satu metode dalam logika fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Fuzzy Tsukamoto, yang menghasilkan output dalam bentuk nilai crisp berdasarkan aturan if-then yang terstruktur. Pendekatan ini dianggap mampu memberikan rekomendasi yang lebih akurat dan realistis dalam konteks pemilihan sepatu futsal berdasarkan berbagai variabel yang terlibat [12].

Selanjutnya adalah tahap pengumpulan data, dimana peneliti melakukan berbagai teknik untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam mendukung analisis. Wawancara dilakukan dengan pemilik toko sepatu futsal Pasifik Club Sports Sibolga guna mendapatkan informasi mengenai jenis sepatu futsal yang paling diminati dan paling laris. Data yang diperoleh dari observasi dan wawancara ini kemudian dilengkapi melalui teknik pengumpulan data lainnya seperti studi pustaka yang mencakup pencarian referensi dari jurnal, buku, artikel, dan skripsi yang relevan. Pengumpulan data ini berlangsung sejak bulan Mei hingga Juni. Hasil dari proses ini berhasil mengumpulkan sebanyak 1.098 data, yang selanjutnya akan dianalisis menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk menghasilkan model rekomendasi pemilihan sepatu futsal yang tepat.

Pada tahap ini analisis data yang dilakukan adalah mengolah data dengan Teknik logika Fuzzy Tsukamoto. Setelah melakukan Teknik logika fuzzy data yang akan kita gunakan sudah akan lebih akurat dan bisa kita lakukan pada Matlab dengan Fuzzy Tsukamoto. Berikut merupakan rancangan yang dilakukan peneliti berupa flowchart dibawah ini:



**Gambar 2.** Flowchart Metode Fuzzy Tsukamoto

Cara Kerja Logika Fuzzy Tsukamoto menggunakan tahapan sebagai berikut [13]:

a. Fuzzifikasi

Pada tahap ini, nilai *crisp* dari variabel input (seperti harga, penjualan, dan persediaan) diubah menjadi nilai derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan. Fungsi yang digunakan dapat berupa linear naik [14]:

$$\mu(x) = \frac{x-a}{b-a} \quad (1)$$

untuk nilai yang semakin besar menunjukkan keanggotaan yang semakin tinggi, dan linear turun [15]:

$$\mu(x) = \frac{b-x}{b-a} \quad (2)$$

Dimana :

$\mu(x)$ : derajat keanggotaan dari nilai

a: batas bawah domain

b: batas atas domain

x: nilai input (crisp)

b. Pembentukan aturan fuzzy

Aturan-aturan fuzzy dibentuk dalam bentuk pernyataan IF-THEN, misalnya IF Penjualan IS Banyak AND Harga IS Murah AND Persediaan IS Banyak THEN Popularitas IS Populer. Setiap aturan menghasilkan suatu konsekuensi berbentuk fungsi keanggotaan fuzzy yang monoton (naik atau turun) [16].

c. Inferensi ( $\alpha$ -Predikat)

Tahap ini menghitung nilai  $\alpha$  (alpha-predicate), yaitu nilai minimal dari derajat keanggotaan masing-masing variabel dalam suatu aturan :

$$\alpha_i = \min(\mu_A(x), \mu_B(x), \mu_C(x)) \quad (3)$$

Dimana :

$\alpha_i$  : derajat kebenaran (fire strength) dari aturan ke-i

$\min(\mu_A(x), \mu_B(x), \mu_C(x))$  : nilai keanggotaan dari masing-masing variabel input pada aturan fuzzy.

d. Defuzzifikasi

Proses akhir dari sistem fuzzy Tsukamoto, yaitu mengubah semua output fuzzy menjadi satu nilai crisp akhir [17].

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n a_i * z_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (4)$$

Dimana :

Z: hasil defuzzifikasi (output akhir sistem)

$\alpha_i$ : derajat kebenaran dari aturan ke-i

$z_i$  : nilai output dari aturan ke-i

n: jumlah aturan fuzzy: nilai keanggotaan dari masing-masing variabel input pada aturan fuzzy.

Pada tahap perancangan, dikembangkan sistem perhitungan berbasis GUI di MATLAB menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Perancangan mencakup pembuatan aturan fuzzy, fungsi keanggotaan, dan alur proses inferensi, dengan bantuan MATLAB sebagai alat untuk membangun dan menguji model logika fuzzy [18]. Sistem ini dirancang untuk memberikan rekomendasi pemilihan sepatu futsal sesuai preferensi dan kebutuhan pelanggan berdasarkan data yang tersedia. Tahap pengujian dilakukan untuk mengevaluasi sistem yang telah dibangun. Proses ini menggunakan MATLAB GUI untuk memproses dan memverifikasi data [19]. Tujuannya adalah menilai kesesuaian hasil sistem dengan output yang diharapkan [20], serta mengukur akurasi dan efektivitas rekomendasi. Hasil pengujian menjadi dasar untuk menentukan kelayakan sistem sebagai alat bantu pengambilan keputusan di toko sepatu futsal.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini digunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk merekomendasikan persediaan barang berdasarkan data penjualan, dengan studi kasus di Toko Sepatu Futsal Pasifik Club Sports. Metode ini terdiri dari empat tahapan: fuzzifikasi, pembentukan aturan, inferensi, dan defuzzifikasi. Data input yang digunakan meliputi jumlah penjualan, persediaan, dan harga jual, dengan output berupa popularitas. Data yang telah disimpan kemudian diolah melalui pembentukan himpunan fuzzy, penentuan variabel dan semesta pembicara, pembentukan aturan, perhitungan inferensi, hingga tahap defuzzifikasi. Penelitian ini menggunakan satu varian dari masing-masing empat merek sepatu sebagai sampel pengujian selama satu tahun. Berikut pada tabel 1 merupakan sampel data yang digunakan didalam penelitian.

**Tabel 1.** Sampel Data

| Merek      | Varian                       | Harga     | Penjualan | Persediaan |
|------------|------------------------------|-----------|-----------|------------|
| Specs      | Specs Accelerator Lightspeed | Rp300.000 | 109       | 113        |
| X'Mills    | Mills Phantom X IN           | Rp430.000 | 96        | 108        |
| Ortuseight | Ortuseight Jogosala Volta V2 | Rp649.000 | 116       | 125        |
| Nike       | Nike Vapor 16 Club IC        | Rp799.000 | 97        | 104        |

#### 3.1 Pembentukan Himpunan fuzzy

Pengolahan data dimulai dengan menentukan variabel dan semesta pembicara, lalu membentuk himpunan fuzzy. Tiga variabel digunakan, yakni harga dan jumlah penjualan sebagai input, serta popularitas sebagai output. Variabel harga dan penjualan masing-masing memiliki tiga himpunan fuzzy: MURAH, SEDANG, dan MAHAL untuk harga; SEDIKIT, SEDANG, dan BANYAK untuk penjualan. Sementara itu, variabel popularitas terdiri dari dua himpunan fuzzy: POPULER dan TIDAK POPULER seperti yang terdapat pada tabel 2 berikut ini.

**Tabel 2.** Penentuan Variabel dan Semesta Pembicara

| Fungsi | Variabel    | Semesta Pembicara   | Keterangan                     |
|--------|-------------|---------------------|--------------------------------|
| Input  | Harga       | 300.000 – 1.299.000 | Harga jual sepatu ( Rp.)       |
|        | Penjualan   | 88 – 123            | Jumlah Penjualan setahun (pcs) |
|        | Persediaan  | 102 – 125           | Jumlah Persediaan sepatu (pcs) |
| Output | Popularitas | 1-10                | Tingkat diminati               |

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa setiap variabel input dan output memiliki rentang nilai tertentu yang menjadi acuan dalam pembentukan himpunan fuzzy. Rentang nilai ini digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan masing-masing variabel yang dijelaskan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Himpunan Fuzzy

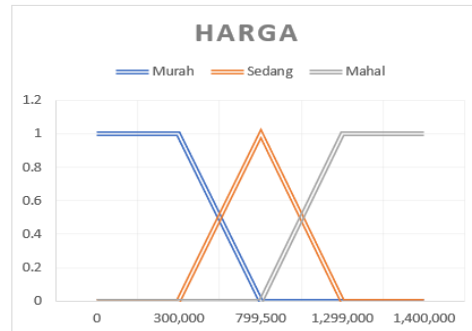
| Fungsi | Variabel   | Nama Himpunan Fuzzy | Semesta Pembicara | Domain              |
|--------|------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Input  | Harga      | MURAH               | 0 – 1.299.000     | 0 – 300.000         |
|        |            | SEDANG              |                   | 300.000 – 579.000   |
|        |            | MAHAL               |                   | 579.000 – 1.299.000 |
|        | Penjualan  | SEDIKIT             | 0 - 123           | 0 – 88              |
|        |            | SEDANG              |                   | 88 – 105            |
|        |            | BANYAK              |                   | 105 – 123           |
|        | Persediaan | SEDIKIT             | 0 - 125           | 0 – 102             |
|        |            | SEDANG              |                   | 102 – 113           |

|        |             |               |      |           |
|--------|-------------|---------------|------|-----------|
| Output | Popularitas | BANYAK        | 0-10 | 113 – 125 |
|        |             | POPULER       |      | 1-5       |
|        |             | TIDAK POPULER |      | 5-10      |

Variabel Harga semesta pembicara yaitu dari 0 – 1.299.000 dengan domain 0 – 300.000 (data terendah dari harga ) kemudian 300.000 – 579.000 (data dengan nilai sedang dari harga) 579.000 – 1.299.000 (data tertinggi dari harga). Begitu juga dengan semesta pembicara pada variabel penjualan, persediaan dan popularitas. Himpunan fuzzy beserta nilai keanggotaan dari setiap variabel input dan output dapat direpresentasikan sebagai berikut.

a. Variabel Harga

Variabel harga terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu MURAH, SEDANG dan MAHAL, berdasarkan data yang ada maka fungsi keanggotaan dapat dipresentasikan seperti berikut.



**Gambar 3.** Variabel Harga

b. Variabel Penjualan

Variabel penjualan terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu SEDIKIT, SEDANG dan BANYAK, berdasarkan data yang ada maka fungsi keanggotaan dapat dipresentasikan seperti berikut



**Gambar 4.** Variabel Penjualan

c. Variabel Persediaan

Variabel persediaan terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu SEDIKIT, SEDANG dan BANYAK, berdasarkan data yang ada maka fungsi keanggotaan dapat dipresentasikan seperti berikut

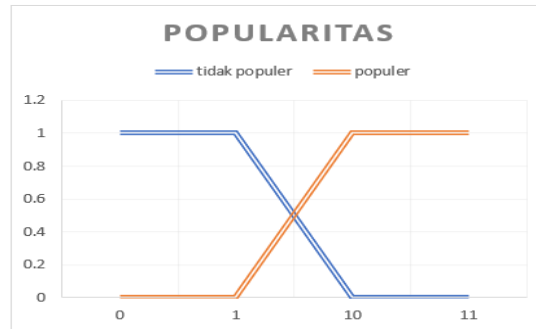


**Gambar 5.** Variabel Persediaan



#### d. Variabel Popularitas

Variabel popularitas terdiri dari 2 himpunan fuzzy, yaitu POPULER DAN TIDAK POPULER, berdasarkan data yang ada maka fungsi keanggotaan dapat dipresentasikan seperti berikut



**Gambar 6.** Variabel Popularitas

### 3.2 Pembentukan Aturan Fuzzy

Himpunan fuzzy yang sudah dimodelkan akan dikombinasikan untuk menentukan nilai keanggotaan dari setiap variabel, setelah penentuan fungsi keanggotaan variabel, maka harus dilakukan pembentukan aturan logika fuzzy. Berdasarkan penalaran logika fuzzy, diperoleh variabel linguistik pada penelitian ini sebanyak 27 aturan implikasi dengan contoh pada (R1) jika penjualan awal sedikit, harga murah maka popularitas tidak populer. Untuk lebih jelas penentuan aturan himpunan fuzzy dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut:

**Tabel 4.** Aturan Fuzzy

| Aturan | Penjualan | Harga | Fungsi implementasi | Popularitas   |
|--------|-----------|-------|---------------------|---------------|
| R1     | sedikit   | murah | sedikit             | Tidak populer |
| R2     | sedikit   | murah | sedang              | Tidak populer |
| R3     | sedikit   | murah | banyak              | Populer       |
| ...    | ...       | ...   | ...                 | ...           |
| R27    | banyak    | mahal | banyak              | Populer       |

Setelah itu maka perhitungan sudah bisa dilakukan. selanjutnya akan di lakukan perhitungan popularitas menggunakan metode fuzzy Tsukamoto seperti untuk mencari nilai keanggotaan penjualan sebagai berikut :

#### 1. Specs Accelerator Lightspeed

$$\mu_{Sedikit}[109] = 0$$

$$\mu_{Sedang}[109] = (123 - 109)/123 - 105 = 0,78$$

$$\mu_{Banyak}[109] = (109 - 105)/123 - 105 = 0,22$$

#### 2. Mills Phantom X IN

$$\mu_{Sedikit}[96] = (105 - 96)/105 - 88 = 0,53$$

$$\mu_{Banyak}[96] = (96 - 88)/105 - 88 = 0,47$$

$$\mu_{Banyak}[96] = 0$$

#### 3. Ortuseight Jogosala Volta V2

$$\mu_{Sedikit}[116] = 0$$

$$\mu_{Sedang}[116] = (105 - 116)/(105 - 88) = 0,39$$

$$\mu_{Banyak}[116] = (116 - 105)/123 - 105 = 0,61$$

#### 4. Nike Vapor 16 Club IC

$$\mu_{Sedikit}[97] = (105 - 97)/105 - 88 = 0,47$$

$$\mu_{Sedang}[97] = (97 - 88)/105 - 88 = 0,53$$

$$\mu_{Banyak}[97] = 0$$

Selanjutnya untuk mencari nilai keanggotaan harga sebagai berikut :

#### 1. Specs Accelerator Lightspeed

$$\mu_{Murah}[300000] = 1$$

$$\mu_{Sedang}[300000] = 0$$

$$\mu_{Mahal}[300000] = 0$$

#### 2. Mills Phantom X IN

$$\mu_{Murah}[430000] = (799500 - 430000)/799500 - 300000 = 0,74$$

$$\mu_{Sedang}[430000] = (430000 - 300000)/799500 - 300000 = 0,26$$

$$\mu_{Mahal}[430000] = 0$$

#### 3. Ortuseight Jogosala Volta V2

$$\mu_{Murah}[649000] = (799500 - 649000)/799500 - 300000 = 0,30$$

$$\mu_{Sedang}[649000] = (649000 - 300000)/799500 - 300000 = 0,70$$

$$\mu_{Mahal}[649000] = 0$$

4. Nike Vapor 16 Club IC

$$\mu_{Murah}[799000] = 0$$

$$\mu_{Sedang}[799000] = 1$$

$$\mu_{Mahal}[799000] = 0$$

Dan untuk mencari nilai keanggotaan persediaan sebagai berikut :

1. Specs Accelerator Lightspeed

$$\mu_{Sedikit}[113] = (113,5 - 113)/125 - 113,5 = 0,15$$

$$\mu_{Sedang}[113] = (113 - 102)/113,5 - 102 = 0.85$$

$$\mu_{Banyak}[113] = 0$$

2. Mills Phantom X IN

$$\mu_{Sedikit}[108] = (113,5 - 108)/125 - 113,5 = 0,54$$

$$\mu_{Banyak}[108] = (108 - 102)/113,5 - 102 = 0.46$$

$$\mu_{Banyak}[108] = 0$$

3. Ortuseight Jogosala Volta V2

$$\mu_{Sedikit}[125] = 0$$

$$\mu_{Sedang}[125] = 0$$

$$\mu_{Banyak}[125] = 1$$

4. Nike Vapor 16 Club IC

$$\mu_{Sedikit}[104] = (113,5 - 104)/125 - 113,5 = 0,85$$

$$\mu_{Sedang}[104] = (104 - 102)/113,5 - 102 = 0.15$$

$$\mu_{Banyak}[104] = 0$$

### 3.3 Inferensi

Selanjutnya mencari nilai alfa predikat data pada Specs Accelerator Lightspeed dimana :

[R1] Jika Penjualan sedikit, harga murah dan persediaan sedikit maka popularitasnya tidak populer

$$\alpha_{pred1} = \min(\mu_{penjualanSedikit}(x), \mu_{hargaMurah}(x), \mu_{stokBanyak}(x)) = \min(0,1,0.15)$$

$$= 0$$

...

[R27] Jika Penjualan banyak, harga mahal dan persediaan banyak maka popularitasnya populer

$$\alpha_{predikat1} = \min(\mu_{penjualanbanyak}(x) \cap \mu_{HargaMahal}(x))$$

$$= \min(0.22,0,0)$$

$$= 0$$

Langkah ini dihitung sampai pada tahap ke 27 berdasarkan aturan fuzzy. Selanjutnya pada Sepatu Mills Phantom X IN sama halnya dengan perhitungan diatas :

[R1] Jika Penjualan sedikit, harga murah dan persediaan sedikit maka popularitasnya tidak populer

$$\alpha_{pred1} = \min(\mu_{penjualanSedikit}(x), \mu_{hargaMurah}(x), \mu_{stokBanyak}(x)) = \min(0.53,0.87,0.54)$$

$$= 0.53$$

...

[R27] Jika Penjualan banyak, harga mahal dan persediaan banyak maka popularitasnya populer

$$\alpha_{predikat1} = \min(\mu_{penjualanbanyak}(x) \cap \mu_{HargaMahal}(x))$$

$$= \min(0,0,0)$$

$$= 0$$

Langkah selanjutnya pada Sepatu Ortuseight Jogosala Volta V2 :

[R1] Jika Penjualan sedikit, harga murah dan persediaan sedikit maka popularitasnya tidak populer

$$\alpha_{pred1} = \min(\mu_{penjualanSedikit}(x), \mu_{hargaMurah}(x), \mu_{stokBanyak}(x)) = \min(0,0.65,0)$$

$$= 0$$

...

[R27] Jika Penjualan banyak, harga mahal dan persediaan banyak maka popularitasnya populer

$$\alpha_{predikat1} = \min(\mu_{penjualanbanyak}(x) \cap \mu_{HargaMahal}(x))$$

$$= \min(0.61,0,1)$$

$$= 0$$

Dan pada sepatu Nike Vapor16 Club IC :

[R1] Jika Penjualan sedikit, harga murah dan persediaan sedikit maka popularitasnya tidak populer

$$\alpha_{pred1} = \min(\mu_{penjualanSedikit}(x), \mu_{hargaMurah}(x), \mu_{stokBanyak}(x)) = \min(0.47,0,0.85)$$

$$= 0$$

...

[R27] Jika Penjualan banyak, harga mahal dan persediaan banyak maka popularitasnya populer

$$\alpha_{predikat1} = \min(\mu_{penjualanbanyak}(x) \cap \mu_{HargaMahal}(x))$$

$$= \min(0,0,0)$$



= 0

Dengan di dapatnya nilai alfa predikat maka dapat langsung di cari nilai Z

1. Specs Accelerator Lightspeed

$$Z1 = zb - (x(zb - za)) = 10 - (0(10 - 9)) = 10$$

...

$$Z27 = (x(zb - za)) + za = (0(10 - 9)) + 1 = 1$$

2. Mills Phantom X IN

$$Z1 = zb - (x(zb - za)) = 10 - (0(10 - 9)) = 10$$

...

$$Z27 = (x(zb - za)) + za = (0(10 - 9)) + 1 = 1$$

3. Ortuseight Jogosala Volta V2

$$Z1 = zb - (x(zb - za)) = 10 - (0(10 - 9)) = 10$$

...

$$Z27 = (x(zb - za)) + za = (1(10 - 9)) + 1 = 1$$

4. Nike Vapor 16 Club IC

$$Z1 = zb - (x(zb - za)) = 10 - (10(10 - 9)) = 10$$

...

$$Z27 = (x(zb - za)) + za = (1(10 - 9)) + 1 = 1$$

### 3.4 Defuzzifikasi

Metode defuzzikasi adalah proses output berupa bilangan crips. Pada metode tsukamoto menggunakan perhitungan rata rata (average).

1. Specs Accelerator Lightspeed

$$Z * = \frac{\sum_i^n \alpha_{predikat_i} * Z_i}{\sum_i^n \alpha_{predikat_i}}$$

$$Z * = 6,6$$

2. Mills Phantom X IN

$$Z = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2.78 + 2.38 + 0}{1.44} = 4.5$$

3. Ortuseight Jogosala Volta V2

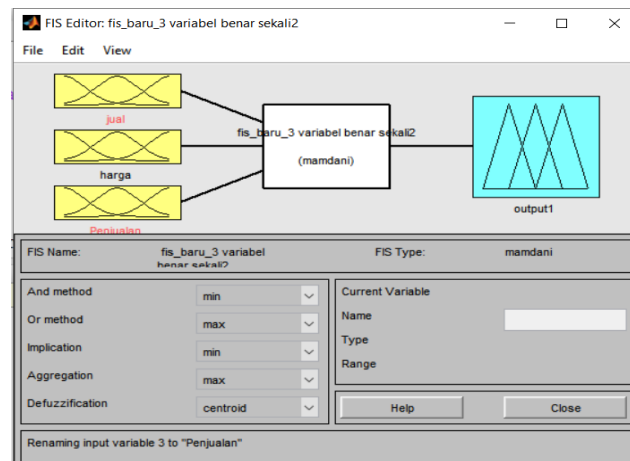
$$Z = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 6.22 + 6.22 + 0}{2} = 6.9$$

4. Nike Vapor 16 Club IC

$$Z = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2.59 + 0.36 + 0 + 2.19 + 1.32 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0.97 + 0.36 + 0 + 0.97 + 0.36 + 0 + 0 + 0}{2.17} = 4.2$$

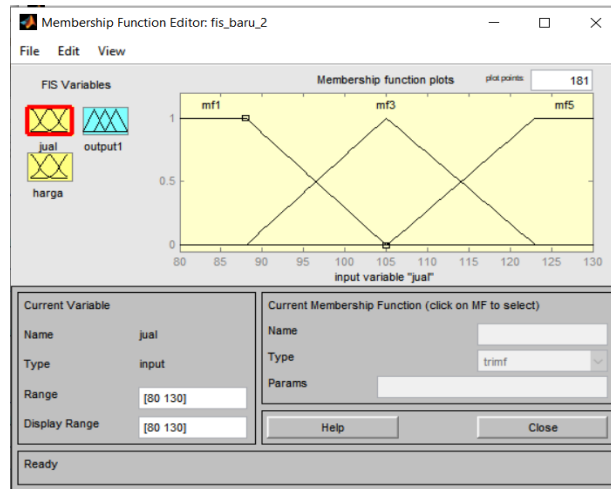
### 3.5 Hasil Implementasi pada Matlab

Pada bagian ini akan dipaparkan hasil dari implementasi proses perhitungan 3 himpunan fuzzy yang terdiri dari Harga, Penjualan dan Popularitas menggunakan fuzzy tsukamoto Pada tahap awal ini adalah pembentukan grafik untuk 3 himpunan fuzzy yang terdiri dari Harga, Penjualan, persediaan dan popularitas maka sebagai berikut :



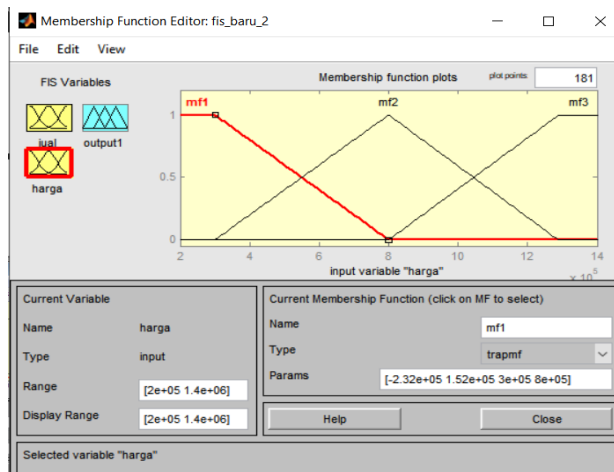
Gambar 7. Tampilan Editor Fuzzy Matlab

Berikut merupakan tampilan FIS Editor yang telah dibuat dengan tiga variabel input dan satu variabel output. Pada tahap ini dilakukan pembentukan grafik himpunan fuzzy untuk variabel jumlah penjualan, yang dapat dilihat pada Gambar 8.



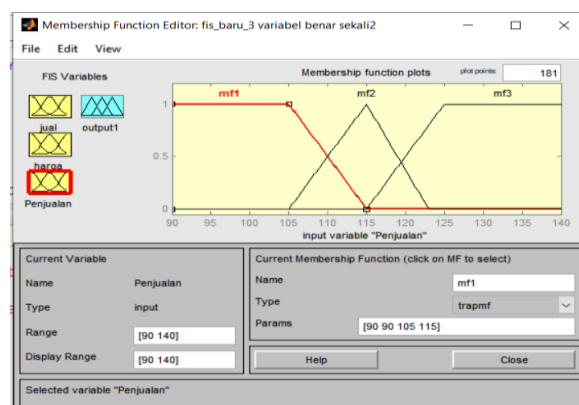
**Gambar 8.** Grafik Jumlah Penjualan

Berikut merupakan tampilan FIS Editor pada variabel jual yang memiliki tiga fungsi keanggotaan. Pada tahap ini dilakukan pembentukan grafik himpunan fuzzy untuk variabel besaran harga, yang dapat dilihat pada Gambar 9.



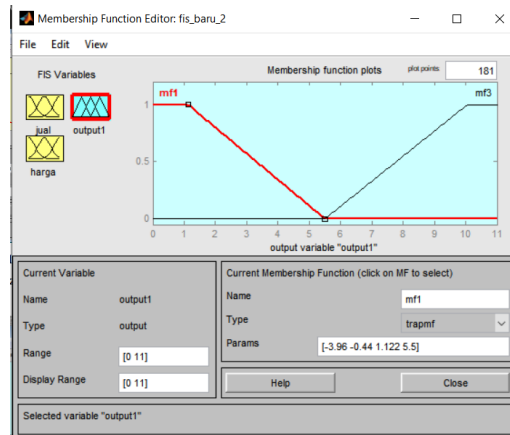
**Gambar 9.** Grafik Besaran Harga

Berikut merupakan tampilan FIS Editor pada variabel Harga dengan tiga fungsi keanggotaan. Pada tahap ini dilakukan pembentukan grafik himpunan fuzzy untuk variabel Penjualan, yang dapat dilihat pada Gambar 10.



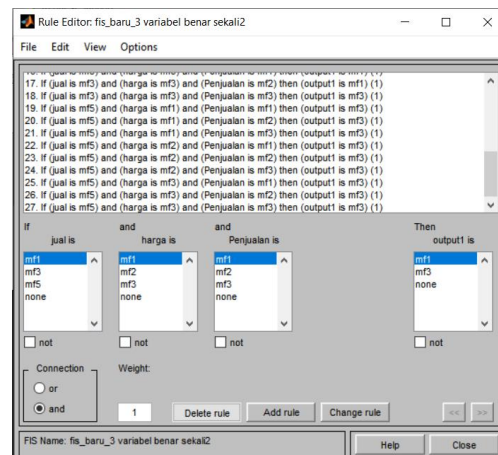
**Gambar 10.** Grafik Besaran Penjualan

Berikut merupakan tampilan FIS Editor pada variabel Persediaan dengan tiga fungsi keanggotaan. Pada tahap ini dilakukan pembentukan grafik himpunan fuzzy untuk variabel Popularitas sebagai output, yang dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Grafik Popularitas

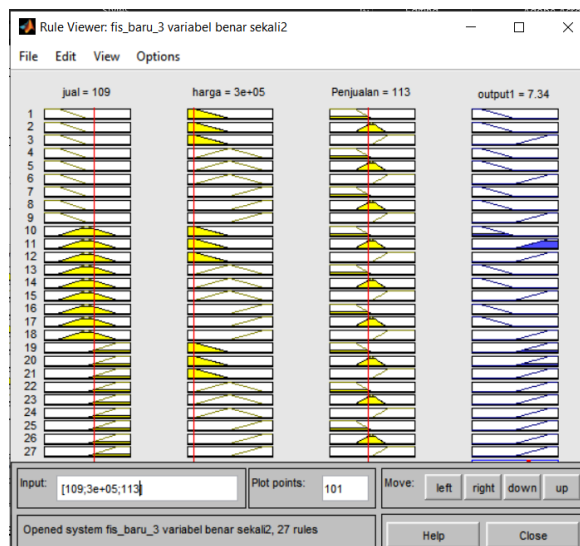
Berikut merupakan tampilan fis editor pada variabel output yaitu popularitas dengan 2 fungsi keanggotaan. Tahap selanjutnya adalah pembentukan rule dari perhitungan yang telah dilakukan secara manual sehingga pada tahap ini rule di inputkan ke dalam aplikasi matlab untuk dapat digunakan untuk mencari nilai fuzzy yang diinginkan



**Gambar 12.** Tampilan Editor Rule Fuzzy

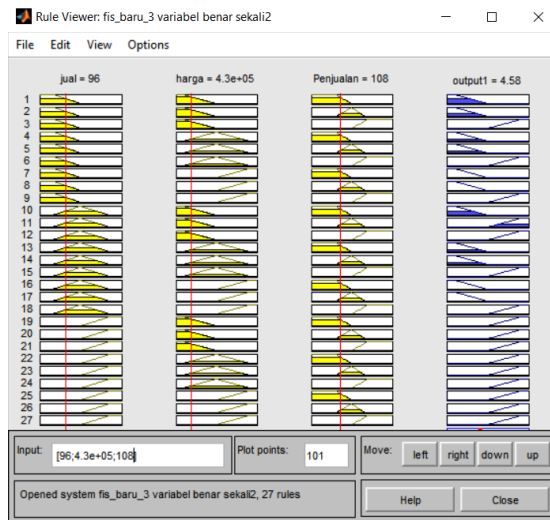
Dilakukan pemrosesan data dengan cara memasukkan nilai atau data perbulan untuk menampilkan nilai fuzzy dengan cara memasukkan nilai agar rule melakukan perhitungan dengan nilai yang sudah di inputkan. Selanjutnya dilakukan pemrosesan data dengan cara memasukkan nilai atau data perbulan selama 12 bulan untuk menampilkan nilai fuzzy dengan cara memasukkan nilai agar rule melakukan perhitungan dengan nilai yang sudah diinputkan.

1. Pemrosesan perhitungan untuk mencari nilai dari himpunan fuzzy pada data sepatu Specs Accelerator Lightspeed



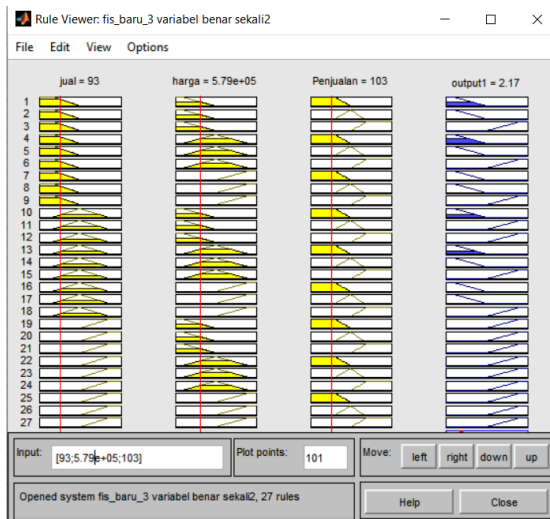
**Gambar 13.** Fuzzy Specs Accelerator Lightspeed

2. Pemrosesan perhitungan untuk mencari nilai dari himpunan fuzzy pada data sepatu Mills Phantom X IN



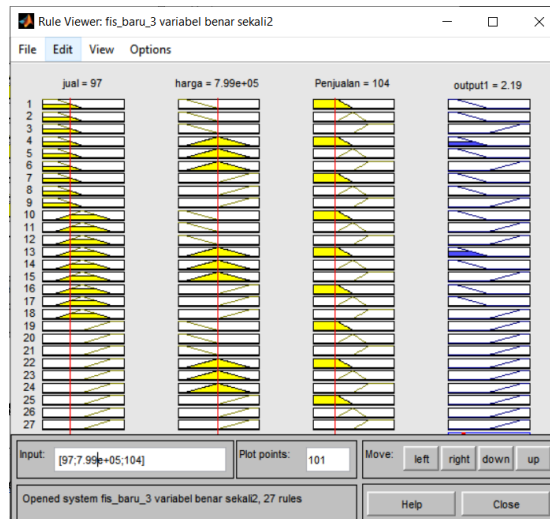
**Gambar 14.** Fuzzy Mills Phantom X IN

3. Pemrosesan perhitungan untuk mencari nilai dari himpunan fuzzy pada data sepatu Ortuseight Catalyst Ballistic IN



**Gambar 15.** Ortuseight Catalyst Ballistic IN

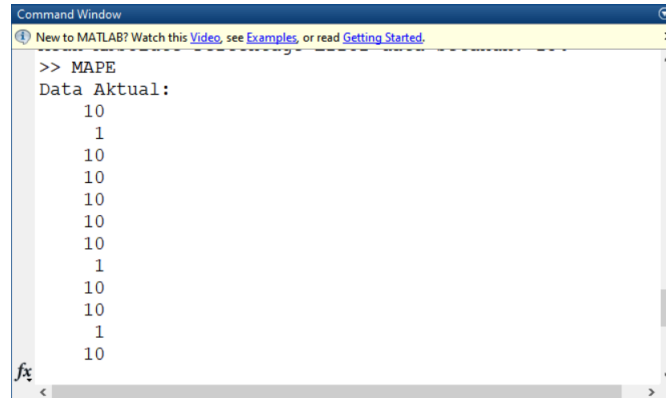
4. Pemrosesan perhitungan untuk mencari nilai dari himpunan fuzzy pada data sepatu Nike Vapor 16 Club IC



**Gambar 16.** Nike Vapor 16 Club IC

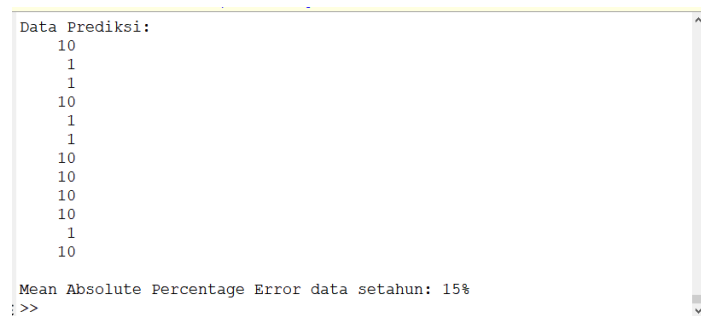
### 3.6 Pengujian Menggunakan MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

Pada tahap ini proses penginputan data yang berbentuk file.xlsx digunakan untuk mencari nilai mean absolute percentage error(MAPE). Dapat dilihat pada gambar 17 yang merupakan hasil pengujian pada data actual untuk mencari mean absolute percentage error.



**Gambar 17.** Tampilan Output MAPE Pada Data Aktual

Dan pada data prediksi ditampilkan pada gambar 18 berikut :



**Gambar 18.** Tampilan Output MAPE Pada Data Prediksi

Nilai MAPE digunakan untuk menganalisis hasil prediksi seperti yang tertera pada tabel .

**Tabel 5.** Aturan Fuzzy 2

| Nilai Mape              | Akurasi Kinerja |
|-------------------------|-----------------|
| $MAPE \leq 10\%$        | Tinggi          |
| $10\% < MAPE \leq 20\%$ | Baik            |
| $20\% < MAPE \leq 50\%$ | Reasonable      |
| $MAPE > 50\%$           | Rendah          |

Dari gambar dapat dilihat output yang dihasilkan dari pemrosesan yang dilakukan untuk mencari nilai mape dari 12 mendapatkan nilai mape sebesar 15 % termasuk pada penelitian Baik dan menunjukkan metode fuzzy Tsukamoto layak dalam memberikan rekomendasi Sepatu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem rekomendasi pembelian sepatu futsal berbasis metode Fuzzy Tsukamoto mampu memberikan tingkat akurasi yang baik dengan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 15%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari dan Siregar (2022), yang juga menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dalam mengevaluasi kinerja karyawan kontrak. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode ini mampu menghasilkan keputusan evaluasi yang layak dengan nilai akurasi tinggi, yaitu 93,4, yang menunjukkan kelayakan karyawan untuk diangkat menjadi pegawai tetap.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, implementasi metode Fuzzy Tsukamoto dalam menganalisis permasalahan rekomendasi pembelian sepatu futsal terbukti efektif dalam menangani ketidakpastian data penjualan. Proses analisis dilakukan melalui tahapan fuzzifikasi, pembentukan aturan, inferensi, dan defuzzifikasi, yang diimplementasikan menggunakan FIS Editor pada MATLAB. Data penjualan dari empat merek sepatu dengan sembilan varian menunjukkan bahwa metode ini mampu menghasilkan nilai popularitas secara akurat untuk setiap varian. Hasil tertinggi dicapai oleh sepatu Mils Quasar IN dengan nilai output sebesar 9,04. Selain itu, sistem rekomendasi yang dibangun menghasilkan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 15%, yang masuk dalam kategori baik. Temuan ini membuktikan bahwa metode Fuzzy

Tsukamoto layak diterapkan sebagai sistem pendukung keputusan dalam pengelolaan persediaan dan rekomendasi pembelian sepatu futsal berbasis data historis.

## REFERENCES

- [1] M. A. N. Shobah, E. Santoso, and Sutrisno, “Aplikasi Penentuan Lokasi untuk Usaha Lapangan Futsal di Kecamatan Bangil Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 7, pp. 2465–2470, 2018.
- [2] L. Rohimah, “Prediksi Nilai Ekspor Sepatu Kulit HS 6403 ke Jepang dengan Metode Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto,” *J. Ilmu Pengetah. Dan Teknol. Komput.*, vol. 4, no. Februari, pp. 239–244, 2019.
- [3] A. Widana, V. Sihombing, and I. R. Munthe, “Sistem pendukung keputusan pemilihan pelatih kegiatan ekstrakurikuler menggunakan metode moosra,” *J. TEKINKOM*, vol. 6, no. 02, pp. 532–539, 2023, doi: 10.37600/tekinkom.v6i2.1018.
- [4] I. Irmayansyah and A. N. Rosdiana, “Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto untuk Prediksi Jumlah Produksi Tanaman Cabai,” *Teknois J. Ilm. Teknol. Inf. dan Sains*, vol. 11, no. 1, pp. 27–38, 2021, doi: 10.36350/jbs.v11i1.98.
- [5] K. Sari and R. Siregar, “Evaluasi Kinerja Karyawan Kontrak Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto,” *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 1, p. 525, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3441.
- [6] H. Quddustiani, U. Athiyah, M. R. Kartika, R. Hidayat, and L. R. Nabila, “Penentuan Jurusan Siswa Sekolah Menengah Atas menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto,” *J. Dinda Data Sci. Inf. Technol. Data Anal.*, vol. 1, no. 2, pp. 82–87, 2021, doi: 10.20895/dinda.v1i2.205.
- [7] W. C. Runtukahu, D. Trisnawarman, F. T. Informasi, and U. Tarumanagara, “Perancangan basis data sistem penentuan harga optimal daster dengan fuzzy logic,” vol. 7, pp. 812–819, 2024, doi: 10.37600/tekinkom.v7i2.1834.
- [8] S. Sriani and Y. Rizky, “Klasifikasi Kualitas Daun Tembakau Menggunakan Glcm (Gray Level Co-Occurrence Matrix) Dan Svm (Support Vector Machine),” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, pp. 3342–3349, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4599.
- [9] K. Muflihunna and M. Mashuri, “Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dan Metode Fuzzy Sugeno dalam Penentuan Jumlah Produksi,” *Unnes J. Math.*, vol. 11, no. 1, pp. 27–37, 2022, doi: 10.15294/ujm.v11i1.50060.
- [10] P. Handayani, S. Deni Rizky, and H. Syahputra, “Perancangan Sistem Informasi Persediaan Stok Dan Pemesanan Beras Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Php Dan Database Mysql (Studi Kasus : Huller Armaini),” *J. Sains Inform. Terap.*, vol. 3, no. 1, pp. 11–15, 2024, doi: 10.62357/jsit.v3i1.220.
- [11] B. Muttaqi *et al.*, “Penerapan Logika Fuzzy Mamdani dalam Sistem Penyiraman Cerdas untuk Pertanian,” vol. 8, no. 2, pp. 111–120, 2024.
- [12] A. Fathana, C. H. Simanjuntak, and S. R. Andani, “Jurnal JPILKOM ( Jurnal Penelitian Ilmu Komputer ) Penerapan Fuzzy Sugeno dalam Pemilihan Minuman Kemasan Yang Rendah Kafein,” vol. 2, no. 1, 2024.
- [13] I. Irawan, Z. Azmi, and M. Hutasuht, “Iot Pada Sistem Monitoring Kecepatan Air Sungai Babura Sebagai Peringatan Dini Banjir Berbasis Node Mcu,” *J. Sist. Komput. Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, vol. 3, no. 3, pp. 80–87, 2024, doi: 10.53513/jursik.v3i3.9289.
- [14] H. T. Bowo, D. R. Trinadi, and B. Martapuse, “Fuzzy Mamdani untuk Rekomendasi Produksi Beras Berdasarkan Data Persediaan dan Jumlah Permintaan ( Studi Kasus PT XYZ ),” vol. 1, no. 1, pp. 11–23, 2024.
- [15] W. Ilham, N. Fajri, and K. Cirebon, “Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Pada,” *Semin. Inform. Apl. Polinema 2020*, vol. 10, no. 1, pp. 71–82, 2020.
- [16] A. Suherman and D. Widyaningrum, “Implementasi Fuzzy Tsukamoto pada Sistem Internet of Things Budidaya Tanaman Bayam,” *Smatika J.*, vol. 14, no. 01, pp. 195–204, 2024, doi: 10.32664/smatika.v14i01.1332.
- [17] M. Furqan, A. Halim Hasugian, M. Siddik Hsb, and F. Sains dan Teknologi, “Penentuan Kualitas Bibit Padi Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani,” *J. Sains Komput. Inform. (J-SAKTI)*, vol. 5, no. 2, pp. 529–539, 2021.
- [18] A. D. Putri, “Penerapan Logika Fuzzy Mamdani untuk Memperkirakan Pembelian Tas Branded Wanita di Batam,” pp. 30–43, 2025.
- [19] A. Syalsabilla and A. Ramadhanu, “Hybrid intelligence system for image classification of fruit types,” vol. 9, no. 3, pp. 5029–5035, 2025.
- [20] M. D. Ahmilurizqi, B. Darmawan, and I. M. Ginarsa, “Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Library Matlab Deep Learning Toolbox Pada Aplikasi Matlab,” vol. 6, no. 3, 2024.