

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian telah dilakukan pada berbagai studi kasus mengenai metode *fuzzy* dalam melakukan prediksi. Dalam penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa nilai prediksi yang dihasilkan memiliki nilai error yang bervariasi dan hasil yang tidak sama.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Novianti Puspitasari, Andi Tejawati, dan Friendly Prakoso pada tahun 2019 dengan judul penelitian “Estimasi Stok Penerimaan Bahan Bakar Minyak Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto”. Prediksi penerimaan stok bahan bakar minyak yang diterima SPBU dilakukan dengan menggunakan data bulan Januari 2016 hingga Februari 2017. Menggunakan variabel *input* persediaan dan penjualan dengan menggunakan himpunan naik dan turun serta sedikit dan banyak. Melalui tahapan fuzzy Tsukamoto, menghasilkan nilai MAPE sebesar 16% dan nilai akurasi sebesar 84%,%, sehingga dapat dikategorikan baik dan dapat digunakan sebagai rekomendasi dalam melakukan prediksi pada jumlah penerimaan bahan bakar yang diterima SPBU [5].

Penelitian lain, dilakukan oleh Khofifah Putriyani, Tenia Wahyuningrum, dan Yogo Dwi Prasetyo pada tahun 2021 dengan judul “Prediksi Jumlah Produksi Akibat Penyebaran Covid-19 Menggunakan Metode Fuzzy Takagi-Sugeno” yaitu tentang penerapan logika *fuzzy* metode Sugeno untuk menentukan jumlah produksi roti menggunakan variabel jual, variabel sisa, dan variabel Covid-19 pada perusahaan Global Bakery dengan 32 data. Hasil dari penerapan metode Sugeno pada penelitian ini dinyatakan dalam kategori baik pada penentuan jumlah produksi roti dengan nilai persentase *error* sebesar 18,6% dan nilai kebenaran 81,4% [6].

Penelitian dengan judul “Penerapan Metode *Fuzzy* Tsukamoto dan *Fuzzy* Sugeno Dalam Penentuan Harga Jual Sepeda Motor” pada tahun 2020 yang dilakukan Dwi Putri dan Mashuri, dengan 35 record data sepeda motor dilakukan penerapan metode *fuzzy* Tsukamoto dan Sugeno yang dibentuk menjadi 3 variabel *input* (tahun motor, harga beli, dan kondisi) dan 1 variabel *output* (harga jual) yang masing-masing dibentuk menjadi 3 himpunan. Dari variabel tersebut terbentuk menjadi 27 rule dengan operator AND yang akan dihitung menggunakan implikasi MIN. Pada penerapan metode Tsukamoto memprioritaskan pada penggunaan rule yang memiliki nilai α -predikat selain nol, sehingga hanya menggunakan 9 rule. Dari penelitian ini memberikan kesimpulan bahwa metode *fuzzy* Sugeno memiliki keakuratan lebih tinggi dengan nilai MAPE sebesar 3,2% atau dengan akurasi sebesar 96,8% dibandingkan metode *fuzzy* Tsukamoto yang memiliki MAPE sebesar 8,8% dengan akurasi 91,2%[7].

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Vivi Aida F. dan Putri Ade W. pada 2021 berjudul “Prediksi Jumlah Produksi Barang pada UD. Sari Murni Menggunakan Metode *Fuzzy* Tsukamoto”, membahas tentang prediksi jumlah produksi menggunakan metode Tsukamoto. Dari variabel input dan output yang ada, terbentuk 27 rule dengan menggunakan operator AND, yang akan dihitung menggunakan implikasi MIN pada 12 record data yang diperoleh dari bulan Januari hingga Desember 2017. Hasil pengujian yang dilakukan, nilai MAPE yang dihasilkan sebesar 9,4% sehingga tingkat akurasi yang didapatkan adalah 90,6% [8].

Penelitian lain yang berkaitan dengan judul “Perbandingan Metode *Fuzzy* Inferensi Tsukamoto Dan Sugeno Untuk Memprediksi Pemesanan Roti Jordan” yang dilakukan oleh Ferly Adhy dan Dwi Marisa pada tahun 2018, penelitian dilakukan untuk membandingkan dua metode tersebut dengan studi kasus PD Nur Berkah Jaya Way Kanan. Menggunakan 47 record data bulan Februari hingga Desember 2017. Dengan 9 rule dan menggunakan operator AND yang terbentuk dari variabel yang ada, dan menggunakan implikasi nilai MIN menghasilkan nilai error sebesar 0,504288% pada metode Tsukamoto dan 0,0176% pada metode Sugeno, sehingga

dapat dinyatakan bahwa metode Sugeno pada penelitian ini lebih optimal dalam memprediksi jumlah pemesanan[10].

Komang, dkk melakukan penelitian pada tahun 2018 tentang “Perbandingan Metode Tsukamoto, Metode Mamdani dan Metode Sugeno untuk Menentukan Produksi Dupa (Studi Kasus : CV. Dewi Bulan)”, melakukan penelitian terhadap CV. Dewi Bulan yang merupakan usaha produksi dupa. Menggunakan 60 record data yaitu bulan Mei 2011 hingga April 2016, dilakukan prediksi menggunakan tiga metode. Dari 9 rule dengan penggunaan operator AND yang terbentuk, akan di implikasikan dengan menggunakan nilai MIN. Dengan hasil yang telah diperoleh, metode Tsukamoto memiliki nilai MAPE sebesar 2,525% dengan akurasi sebesar 97,5%, metode Mamdani sebesar 1,557% dengan akurasi sebesar 98,5%, dan metode Sugeno sebesar 1,314% dengan akurasi sebesar 98,6%. Dengan demikian metode *fuzzy* Sugeno yang memiliki akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan metode Tsukamoto dan Mamdani [11].

Penelitian lain yang berkaitan berjudul “Analisis Perbandingan Metode *Fuzzy* Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur” oleh Sri Widaningsih pada tahun 2017. Penelitian ini menggunakan 13 record data yaitu data distribusi raskin pada tahun 2002 hingga 2014, dengan menggunakan 2 variabel *input* (penduduk dan stok), dan 1 variabel *output* (distribusi) dilakukan penelitian berupa analisa perbandingan metode *fuzzy* dengan studi kasus pendistribusian raskin menggunakan 4 rule yang terbentuk menggunakan operator AND. Hasil yang diperoleh berupa nilai akurasi pada metode Tsukamoto sebesar 71.95%, metode Mamdani 60,92%, dan metode Sugeno sebesar 92,55% [12].

Tabel 2.1 Kajian penelitian terdahulu

No.	Judul	<i>Comparing</i>	<i>Contrasting</i>	<i>Criticize</i>	<i>Synthesize</i>	<i>Summarize</i>
1.	Estimasi Stok Penerimaan Bahan Bakar Minyak Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Oleh Novianti Puspitasari, Andi Tejawati, dan Friendly Prakoso, 2019.	Penelitian ini melakukan penerapan metode <i>fuzzy</i> Tsukamoto.	<i>Fuzzy</i> Tsukamoto digunakan untuk melakukan prediksi penerimaan bahan bakar minyak.	Akurasi yang didapatkan dari penelitian ini dikategorikan baik dengan menggunakan 14 record data	Menerapkan metode <i>fuzzy</i> Tsukamoto, menggunakan 2 variabel input dengan masing masing memiliki dan menggunakan 4 rule.	Hasil dari penerapan metode Tsukamoto untuk prediksi penerimaan bahan bakar minyak ini memiliki nilai error sebesar 16% sehingga akurasi yang didapat sebesar 86%.
2.	Prediksi Jumlah Produksi Akibat Penyebaran Covid-19 Menggunakan Metode Fuzzy Takagi-Sugeno oleh Khofifah Putriyani, Tenia Wahyuningrum, dan Yogo Dwi Prasetyo Rahakbauw, 2021.	Penelitian ini melakukan prediksi menggunakan metode <i>fuzzy</i> dalam menentukan jumlah produksi roti.	Melakukan penerapan menggunakan metode fuzzy Sugeno.	Dengan melakukan penerapan metode Sugeno untuk membantu dalam penentuan jumlah produksi roti.	Menggunakan 3 variabel input dan 8 aturan dengan 32 data pada penerapan metode Sugeno.	Dari penerapan metode yang dilakukan untuk menentukan jumlah produksi roti, didapatkan hasil persentase error sebesar 18,6% dan nilai kebenaran sebesar 81,4%.

Tabel 2.1 Kajian penelitian terdahulu (lanjutan)

No.	Judul	<i>Comparing</i>	<i>Contrasting</i>	<i>Criticize</i>	<i>Synthesize</i>	<i>Summarize</i>
3.	Penerapan Metode <i>Fuzzy</i> Tsukamoto dan <i>Fuzzy</i> Sugeno Dalam Penentuan Harga Jual Sepeda Motor oleh Dwi Putri Puji Astuti dan Mashuri, 2020.	Penelitian ini melakukan penerapan metode Tsukamoto dan Sugeno.	<i>Fuzzy</i> Tsukamoto dan Sugeno digunakan untuk penentuan nilai harga jual pada sepeda motor.	Nilai error yang didapatkan dari penelitian berada di bawah 10% walaupun hanya menggunakan 35 data.	Menerapkan metode <i>fuzzy</i> Tsukamoto dan Sugeno dengan empat variabel dengan tiga himpunan pada setiap variabel.	Metode <i>fuzzy</i> Sugeno memiliki keakuratan lebih tinggi dengan nilai akurasi 96,8% dibandingkan dengan metode <i>fuzzy</i> Tsukamoto yang memiliki nilai akurasi 91,2%.
4.	Prediksi Jumlah Produksi Barang pada UD. Sari Murni Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i> Tsukamoto oleh Vivi Aida F. dan Putri Ade W, 2021.	Penelitian mengenai prediksi jumlah produksi barang menggunakan metode <i>fuzzy</i> .	Penelitian dilakukan dengan merancang sistem menggunakan <i>fuzzy</i> Tsukamoto dalam menentukan produksi jenang atau dodol pada data persediaan, permintaan, dan bahan baku.	Penelitian ini menunjukkan bahwa metode Tsukamoto memiliki hasil yang baik dalam prediksi walaupun hanya menggunakan 12 <i>record</i> data.	Menggunakan 4 variabel pada metode <i>fuzzy</i> Tsukamoto.	Hasil pengujian data yang dilakukan, sistem mampu menentukan jumlah produksi yang harus dilakukan dengan tingkat keberhasilan atau akurasi mencapai 90,60%.

Tabel 2.1 Kajian penelitian terdahulu (lanjutan)

No.	Judul	<i>Comparing</i>	<i>Contrasting</i>	<i>Criticize</i>	<i>Synthesize</i>	<i>Summarize</i>
5.	Perbandingan Metode <i>Fuzzy</i> Inferensi Tsukamoto Dan Sugeno Untuk Memprediksi Pemesanan Roti Jordan oleh Ferly Adhy dan Dwi Marisa Efendi, 2018.	Penelitian ini terkait prediksi menggunakan metode <i>fuzzy</i> Tsukamoto dan Sugeno untuk prediksi pemesanan roti menggunakan	Membandingkan penggunaan metode <i>fuzzy</i> Tsukamoto dan Sugeno dalam melakukan prediksi dengan menghitung nilai MSE dari setiap metode.	Untuk mengetahui metode mana yang mampu melakukan prediksi lebih baik.	Menggunakan metode Tsukamoto dan Sugeno dengan 3 variabel dan 9 aturan dalam menentukan prediksi jumlah pemesanan roti.	Hasil prediksi yang dihitung menggunakan metode Sugeno memiliki nilai akurasi lebih tinggi dibandingkan metode Tsukamoto, dengan persentase Sugeno akurasi sebesar 99,98% dan Tsukamoto sebesar 99,49%
6.	Perbandingan Metode Tsukamoto, Metode Mamdani dan Metode Sugeno untuk Menentukan Produksi Dupa (Studi Kasus : CV. Dewi Bulan) oleh Komang dkk, 2018.	Penelitian ini melakukan prediksi jumlah produksi menggunakan metode <i>fuzzy</i> .	Membandingkan metode Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno pada penentuan jumlah produksi dupa dengan data permintaan dan persediaan.	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode yang memiliki akurasi yang lebih baik dari ketiga metode <i>fuzzy</i> yang digunakan.	Menggunakan 3 metode <i>fuzzy</i> dalam menentukan jumlah produksi dupa. Serta penghitungan <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE) untuk membandingkan akurasinya.	Akurasi yang diperoleh dari <i>fuzzy</i> Tsukamoto adalah 97,5%, <i>fuzzy</i> Mamdani adalah 98,5%, dan <i>fuzzy</i> Sugeno adalah 98,6%. Dengan demikian metode <i>fuzzy</i> Sugeno memiliki akurasi lebih tinggi.

Tabel 2.1 Kajian penelitian terdahulu (lanjutan)

No.	Judul	<i>Comparing</i>	<i>Contrasting</i>	<i>Criticize</i>	<i>Synthesize</i>	<i>Summarize</i>
7.	Analisis Perbandingan Metode <i>Fuzzy</i> Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur oleh Sri Widaningsih, 2017.	Penelitian ini melakukan prediksi menggunakan metode <i>fuzzy</i> dalam menentukan jumlah distribusi.	Menganalisa metode <i>fuzzy</i> dalam penentuan jumlah distribusi raskin.	Penelitian bertujuan untuk mengetahui metode <i>fuzzy</i> manakah yang lebih baik dalam mengambil suatu keputusan dalam penentuan jumlah distribusi raskin.	Menggunakan 3 metode <i>fuzzy</i> untuk menentukan jumlah distribusi beras. Serta penghitungan MAPE untuk meengetahui nilai error dan akurasi.	Dari penghitungan yang dilakukan, dihasilkan nilai akurasi pada metode Tsukamoto sebesar 71.95%, metode Mamdani 60,92%, dan metode Sugeno sebesar 92,55%. Dengan hasil tersebut, metode Sugeno adalah metode yang memiliki nilai yang lebih baik dalam mengambil keputusan.

Pada penelitian ini, penulis ingin melakukan prediksi menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto dan Sugeno pada suatu usaha penyedia produk makanan hewan dengan tujuan mengetahui akurasi dan membandingkan menggunakan metode MAPE guna mengetahui metode yang memiliki hasil akurasi yang lebih baik, sehingga dapat digunakan sebagai pendukung keputusan atau rekomendasi pada permasalahan yang ada pada usaha Omah petshop yaitu tentang penambahan persediaan barang, dan penelitian ini menggunakan data produk makanan kucing whiskas saset pada tahun 2020 sebagai data sampel berdasarkan kriteria yang telah ditentukan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Prediksi

Prediksi diartikan sebagai teknik statistik berdasar pengolahan angka-angka historis untuk memperkirakan yang akan terjadi dan berkaitan dengan penentuan sebuah keputusan [13]. Pada pernyataan lainnya menyebutkan prediksi adalah proses prakiraan sistematis pada suatu hal yang terjadi mendatang berdasarkan informasi dari masa lalu, agar kesalahan di masa mendatang dapat berkurang [14].

2.2.2. Persediaan

Persediaan merupakan aktiva yang penting bagi perusahaan untuk dijual kembali ataupun digunakan dalam kegiatan yang dilakukan oleh perusahaan [15]. Dalam jenis usaha dagang, persediaan barang merupakan kunci dalam menjalankan usahanya, persediaan barang dagang atau merchandise inventory merupakan produk yang dimiliki, disimpan, dan kemudian dijual kembali sebagai aset lancar usaha karena keuntungan akan diperoleh dari selisih harga jual dan harga belinya [16]. Manajemen persediaan yang baik dapat menghasilkan kinerja produksi yang baik, kualitas dan kuantitas yang terjaga, dan keuntungan yang dapat maksimal [17].

2.2.3. Penentuan Sampel

Wilayah generalisasi atas objek atau subjek yang diteliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulan dapat disebut sebagai populasi. Populasi yang dijadikan perwakilan, sehingga dapat digeneralisasikan pada populasi dapat disebut sebagai sampel [18]. *Purposive sampling* merupakan salah satu metode dalam menentukan sampel pada populasi berdasarkan kriteria yang dibutuhkan dalam penelitian [19].

Sampel penelitian ini diambil menggunakan metode *purposive sampling*, dengan populasi yang digunakan berupa data pencatatan atau pembukuan. Dari banyak produk yang ada, akan diambil satu produk dengan kriteria jumlah rata-rata penjualan tertinggi dari periode waktu yang ditentukan.

2.2.4. Logika *Fuzzy*

Kata *fuzzy* memiliki arti kabur atau samar. Pertama dikenalkan pada tahun 1965 oleh Dr. Lotfi Zadeh, logika *fuzzy* merupakan metode penghitungan untuk mengatasi permasalahan dengan nilai kekaburan atau kesamaran, nilai keanggotaan logika *fuzzy* memungkinkan berada rentang 0 dan 1, bernilai benar dan salah secara bersamaan [20]. Metode ini dapat dikatakan sebagai mekanisme yang digunakan untuk mewakili suatu nilai menggunakan bahasa yang menghasilkan keputusan atau kesimpulan yang mudah dipahami manusia karena didasarkan pada penalaran manusia [17].

Terdapat hal yang perlu diketahui dan dipahami pada logika *fuzzy*, yaitu :

1. Variabel *fuzzy*

Suatu variabel yang digunakan pada sistem *fuzzy*. Contoh : produksi, pendapatan, dan kesehatan.

2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan yang mewakili kondisi suatu variabel *fuzzy*. Pada himpunan *fuzzy* terdapat dua atribut :

a. Linguistik, yaitu penamaan atau pengkategorian suatu kelompok pada kondisi tertentu. Contoh: banyak, sedang, dan sedikit.

b. Numerik, yaitu nilai yang dimiliki pada suatu kategori linguistik. Contoh: pada kategori sedikit memiliki nilai 100, dan banyak memiliki nilai 150.

3. Semesta pembicaraan

Seluruhan nilai yang dapat digunakan pada suatu variabel *fuzzy*. Contoh : Semesta pembicaraan pada variabel penjualan : [0 500].

4. Domain

Nilai yang boleh digunakan dalam semesta pembicaraan dari himpunan *fuzzy*. Contoh : domain untuk variabel penjualan sedikit [0 250], dan domain untuk variabel penjualan banyak [250 500].

2.2.5. Fungsi Keanggotaan

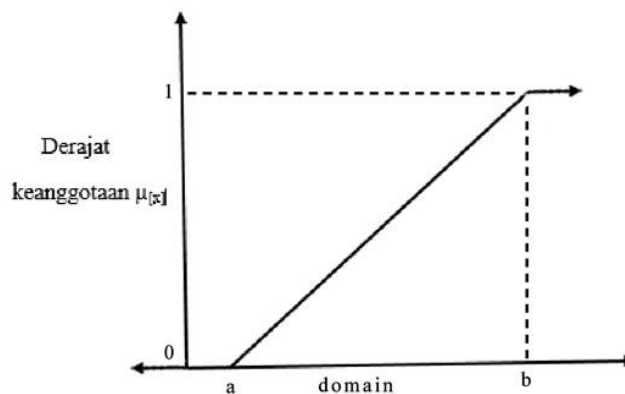
Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan titik *input* data yang dipetakan pada nilai keanggotaan atau disebut derajat keanggotaan pada

suatu kurva dengan rentang nilai antara 0 sampai 1. Terdapat fungsi keanggotaan yang digunakan dalam pendekatan fungsi keanggotaan, contohnya : representasi linear, kurva segitiga, kurva trapesium [21].

2.2.5.1. Representasi linear

Representasi linear pada pemetaan ke derajat keanggotaannya digambarkan dengan garis lurus. Bentuk ini merupakan bentuk yang paling sederhana dan merupakan pilihan yang baik dalam konsep ketidakjelasan [22]. Terdapat 2 representasi linear, yaitu :

1. Representasi linear naik, dimana nilai derajat keanggotaan mulai naik dari domain yang memiliki nilai derajat keanggotaan rendah atau nol (0) menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan tinggi atau satu (1).



Gambar 2.1 Representasi linear naik

Fungsi keanggotaan :

$$\mu_{[x]} = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

dengan :

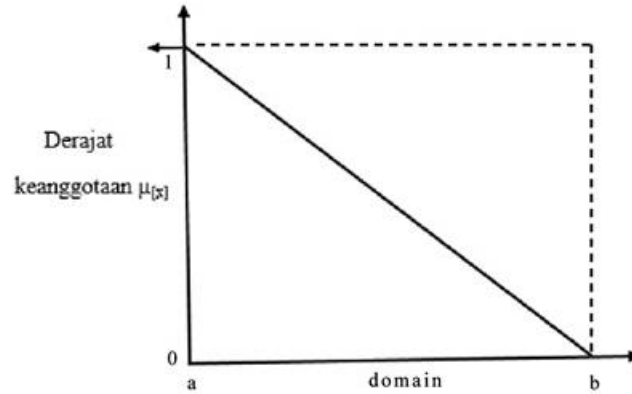
x adalah nilai masukan yang diubah ke bilangan *fuzzy*.

a adalah himpunan nilai linguistik I pada derajat keanggotaan 0 .

b adalah himpunan nilai linguistik II pada derajat keanggotaan 1.

2. Representasi linear turun, merupakan kebalikan dari representasi linear naik dimana nilai derajat keanggotaan mulai turun pada nilai domain yang

memiliki derajat keanggotaan tinggi atau satu (1) menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan rendah atau nol (0).



Gambar 2.2 Representasi linear turun

Fungsi keanggotaan :

$$\mu_{[x]} = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a < x < b \\ 0, & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

dengan :

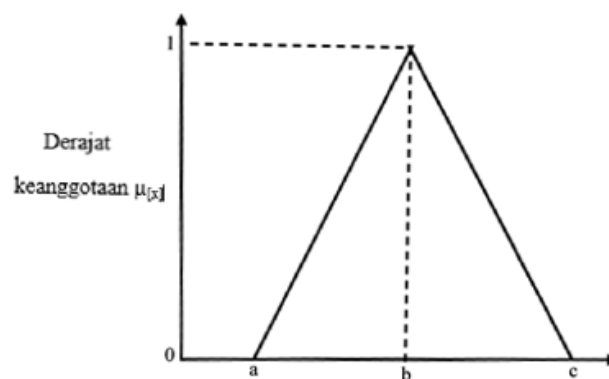
x adalah nilai masukan yang diubah ke bilangan *fuzzy*.

a adalah himpunan nilai linguistik I pada derajat keanggotaan 1 .

b adalah himpunan nilai linguistik II pada derajat keanggotaan 0.

2.2.5.2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga direpresentasikan dengan gabungan dari representasi linear naik dan linear turun[22].



Gambar 2.3 Representasi kurva segitiga

Fungsi keanggotaan :

$$\mu_{[x]} = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ 1, & x = b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c \\ 0, & x \geq c \end{cases} \quad (2.3)$$

dengan :

x adalah nilai *input* yang diubah ke bilangan *fuzzy*.

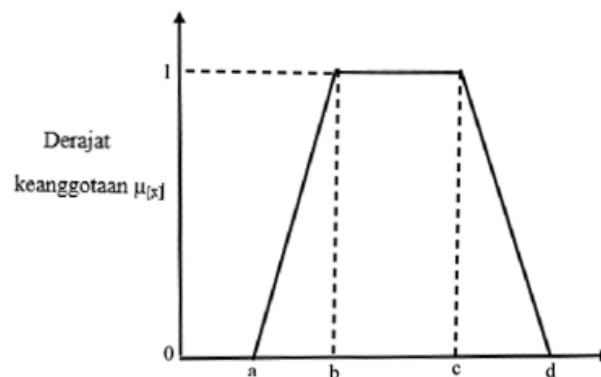
a adalah himpunan nilai linguistik I dengan derajat keanggotaan 0.

b adalah himpunan nilai linguistik II dengan derajat keanggotaan 1.

c adalah himpunan nilai linguistik III dengan derajat keanggotaan 0.

2.2.5.3. Representasi Kurva Trapesium

Representasi kurva trapesium pada dasarnya seperti representasi kurva segitiga, namun pada representasi kurva trapesium terdapat beberapa titik yang memiliki derajat keanggotaan tinggi atau 1 [23].



Gambar 2.4 Representasi kurva trapesium

Fungsi keanggotaan :

$$\mu_{[x]} = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x < d \end{cases} \quad (2.4)$$

dengan :

x adalah nilai *input* yang diubah ke bilangan *fuzzy*.

a adalah himpunan nilai linguistik I dengan derajat keanggotaan 0.

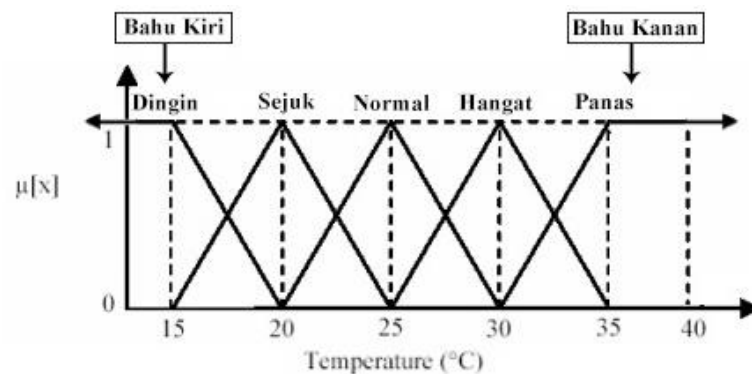
b adalah himpunan nilai linguistik II dengan derajat keanggotaan 1.

c adalah himpunan nilai linguistik III dengan derajat keanggotaan 1.

d adalah himpunan nilai linguistik IV dengan derajat keanggotaan 0

2.2.5.4. Representasi Kurva Bahu

Representasi kurva bahu terbentuk atas bahu kiri dan bahu kanan. Pada daerah yang terletak di antara bahu kiri dan kanan memiliki bentuk segitiga [22].

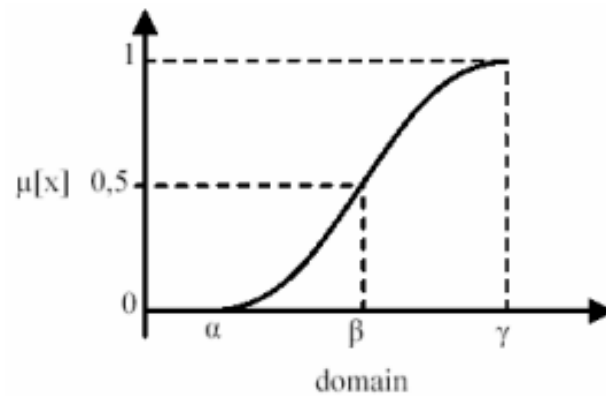


Gambar 2.5 Representasi kurva Bahu

2.2.5.5. Representasi Kurva-S

Kurva- Sigmoid atau kurva-S merupakan kurva pertumbuhan dan penyusutan yang berkaitan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linear. Kurva pertumbuhan akan bergerak dari sisi kiri dengan nilai keanggotaan

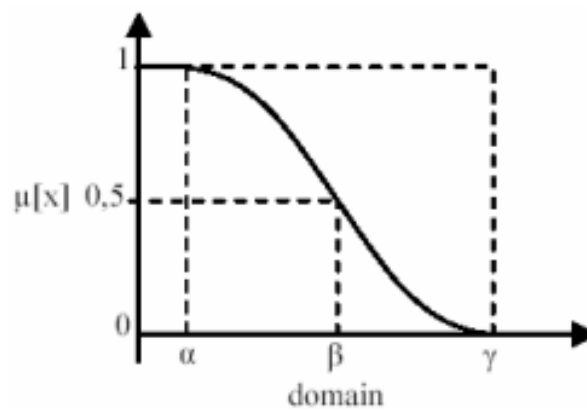
= 0 ke sisi paling kanan dengan nilai keanggotaan = 1. Titik infleksi merupakan tumpuan fungsi keanggotaannya pada 50% nilai keanggotaannya [22].



Gambar 2.6 Representasi kurva S untuk pertumbuhan

Fungsi keanggotaan :

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0, & x \leq \alpha \\ 2 \left(\frac{x - \alpha}{\gamma - \alpha} \right)^2, & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2 \left(\frac{\gamma - x}{\gamma - \alpha} \right)^2, & \beta \leq x \leq \gamma \\ 1, & x \geq \gamma \end{cases} \quad (2.5)$$



Gambar 2.7 Representasi kurva S untuk penyusutan

Sedangkan Kurva-S penyusutan akan bergerak dari sisi kanan dengan keanggotaan = 1 ke sisi paling kiri dengan nilai keanggotaan = 0

Fungsi keanggotaan :

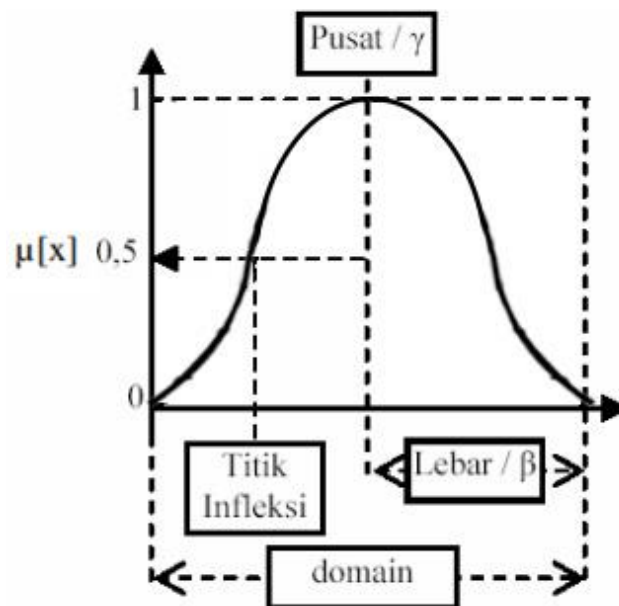
$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1, & x \leq \alpha \\ 1 - 2 \left(\frac{x - \alpha}{\gamma - \alpha} \right)^2, & \alpha \leq x \leq \beta \\ 2 \left(\frac{\gamma - x}{\gamma - \alpha} \right)^2, & \beta \leq x \leq \gamma \\ 0, & x \geq \gamma \end{cases} \quad (2.6)$$

2.2.5.6. Representasi kurva lonceng atau bell curve

Kurva berbentuk ini terbagi atas 3 kelas, yaitu: PI, Beta, dan Gauss. Ketiga kurva ini dapat dibedakan pada *gradien*-nya [22].

1. Kurva PI

Kurva PI berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat domain, dan lebar kurva (β).



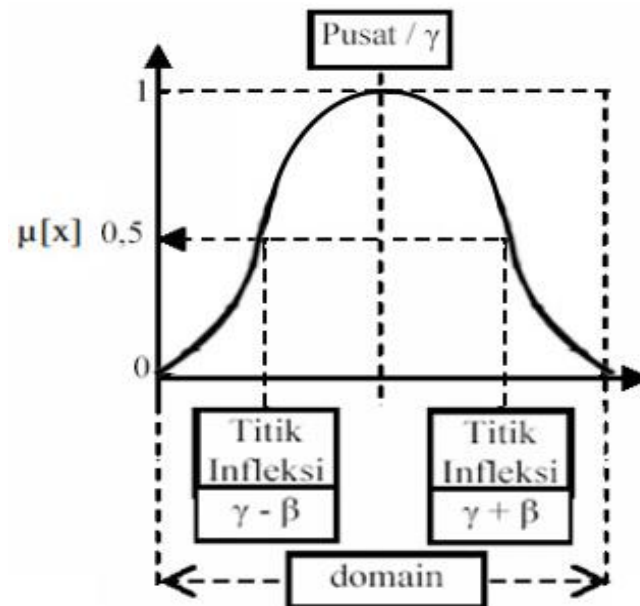
Gambar 2.8 Representasi kurva PI

Fungsi keanggotaan :

$$\Pi(x; \beta, \gamma) = \begin{cases} S\left(x; \gamma - \beta, \gamma - \frac{\beta}{2}, \gamma\right), & x \leq \gamma \\ 1 - S\left(x; \gamma, \gamma + \frac{\beta}{2}, \gamma + \beta\right), & x > \gamma \end{cases} \quad (2.7)$$

2. Kurva BETA

Kurva ini memiliki kemiripan dengan kurva PI namun lebih rapat. Didefinisikan menggunakan 2 parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva (γ), dan setengah lebar kurva (β).



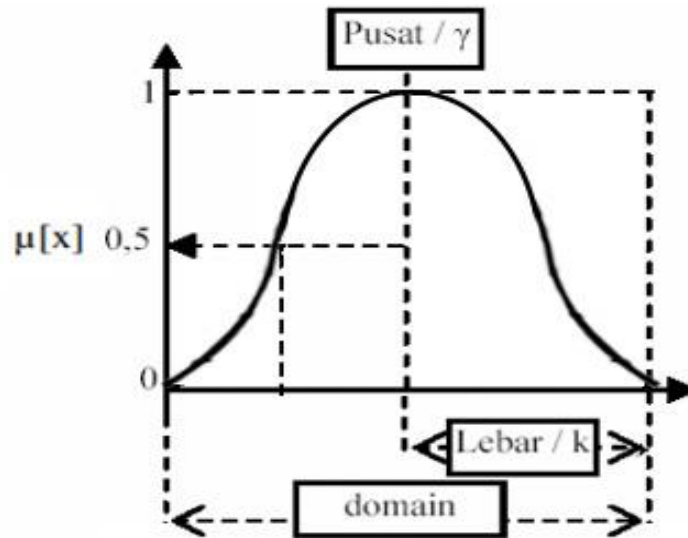
Gambar 2.9 Representasi kurva BETA

Fungsi keanggotaan :

$$B(x; \gamma, \beta) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left(\frac{x - \gamma}{\beta}\right)^2} \end{cases} \quad (2.8)$$

3. Kurva GAUSS

Kurva GAUSS menggunakan (γ) untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva dan (k) yang menunjukkan lebar kurva.



Gambar 2.10 Representasi kurva GAUSS

Fungsi keanggotaan :

$$G(x; k, \gamma) = e^{-k(\gamma-x)^2} \quad (2.9)$$

2.2.6. Operator Himpunan *Fuzzy*

Terdapat 3 operator himpunan *fuzzy* yang diciptakan oleh Lotfi A. Zadeh, yaitu : AND, OR, dan NOT[6].

2.2.6.1. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan, dimana α -predikat diperoleh dari pengambilan nilai terkecil atau minimum pada himpunan yang berkaitan[24].

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[Y]) \quad (2.10)$$

2.2.6.2. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi negasi pada himpunan, dimana α -predikat diperoleh dari pengambilan nilai terbesar atau maksimum pada himpunan yang berkaitan[24].

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[Y]) \quad (2.11)$$

2.2.6.3. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan, dimana α -predikat diperoleh dari pengambilan nilai terbesar atau maksimum pada himpunan yang berkaitan[24].

$$\mu_A = 1 - \mu_A[x] \quad (2.12)$$

2.2.7. Fuzzy Inference System (FIS)

Fuzzy Inference System atau Sistem inferensi *fuzzy* merupakan kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* yang berbentuk berupa *IF-THEN*, dan penalaran *fuzzy*. FIS memiliki 4 tahapan : *fuzzifikasi*, membentuk aturan *fuzzy*, inferensi, dan defuzzifikasi.

2.2.7.1. Metode Tsukamoto

Dalam proses inferensinya, metode Tsukamoto menggunakan tahapan:

1. *Fuzzifikasi*

Tahap ini dilakukan penentuan variabel baik *input* dan *output*, kemudian masing-masing variabel ditentukan fungsi keanggotaannya

2. Pembentukan rule atau basis pengetahuan *fuzzy*

Tahap ini dilakukan untuk membentuk aturan yang akan digunakan dalam tahapan selanjutnya yaitu implikasi. Pada *fuzzy* Tsukamoto rule atau basis aturan yang dibuat akan berupa *IF-THEN*.

3. Implikasi

Tahap implikasi dilakukan menggunakan operator AND sehingga didapatkan nilai minimum pada nilai α -predika. Nilai α -predikat digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi dari setiap rule [25].

4. *Defuzzifikasi*

Tahap defuzzifikasi dilakukan dengan penghitungan untuk memperoleh nilai rata-rata terpusat menggunakan persamaan berikut [26]:

$$z^* = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\sum \alpha_i} \quad (2.13)$$

dengan,

α_i = nilai hasil pada aturan ke-*i* ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$)

z_i = nilai derajat keanggotaan pada hasil aturan ke-*i*

($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$)

2.2.7.2. Metode Sugeno

Dalam metode *fuzzy* Sugeno terdapat 4 tahapan untuk mendapatkan *output*, yaitu :

1. *Fuzzifikasi*

Dengan menentukan variabel yang terkait dalam proses yang akan ditentukan. Untuk masing-masing variabel, ditentukan fungsi keanggotaannya.

2. Pembentukan aturan

Pada pembentukan aturan berdasarkan hubungan antara variabel *input* dan *output*, dimana *output* menggunakan metode Sugeno berupa konstanta atau persamaan linear [21]. Sebagai berikut :

a. Model Sugeno Orde-Nol

$$\text{IF } x_1 = A_1 \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n = A_n \text{ THEN } z = k \quad (2.14)$$

dimana,

A_i = nilai linguistik dari *fuzzy set*

x_i = variabel x_i adalah anggota *fuzzy set* A_i

$i = 1, 2, 3, \dots, N$

k = konstanta sebagai konsekuen

b. Model Sugeno Orde-Satu

$$\text{IF } x_1 = A_1 \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ adalah } A_n \text{ maka} \quad (2.15)$$

$$= p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q$$

dimana,

A_i = nilai linguistik dari *fuzzy set*

x_i = variabel x_i adalah anggota *fuzzy set* A_i

$i = 1, 2, 3, \dots, N$

k = konstanta sebagai konsekuen

p_i = konstanta tegas ke- i

q = konstanta pada kosekuen

3. Implikasi

Tahapan ini dilakukan untuk memperoleh nilai α -predikat setiap rule dengan mengubah nilai *input* dari fuzzifikasi berdasarkan aturan *fuzzy*. Nilai α -predikat digunakan untuk menghitung output inferensi secara tegas untuk $z_1, z_2, z_3, \dots, z_i$.

4. Defuzzifikasi

Tahapan ini dilakukan dengan penghitungan untuk memperoleh nilai rata-rata terpusat seperti pada persamaan 2.13 sebagai berikut :

$$z^* = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\sum \alpha_i} \quad (2.13)$$

dengan,

α_i = nilai hasil pada aturan ke- i ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$)

z_i = nilai derajat keanggotaan pada hasil aturan ke- i
($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$)

2.2.8. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error atau MAPE merupakan salah satu cara untuk melakukan penghitungan dalam menentukan besar error atau kesalahan dalam suatu prediksi atau prakiraan. MAPE dihitung berdasarkan pembagian kesalahan *absolute* atau mutlak pada setiap periode dengan nilai aktual yang terjadi periode tersebut, kemudian dilakukan penghitungan rata-rata dalam persentase. MAPE dapat dihitung dengan persamaan berikut [6]:

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|\hat{y}_t - y_t|}{y_t}}{n} \times 100\% \quad (2.16)$$

dengan,

\hat{y}_t = hasil prediksi periode t

y_t = data aktual periode t

n = banyaknya data

Dari hasil penghitungannya dapat dikategorikan menjadi empat, yaitu akurasi tinggi dengan nilai persentase lebih rendah atau sama dengan 10%, akurasi baik dengan nilai lebih besar dari 10% dan lebih sedikit atau sama dengan 20%, akurasi masuk akal dengan nilai persentase lebih besar dari 20% dan lebih kecil atau sama dengan 50%, dan akurasi rendah dengan nilai persentase lebih besar dari 50%.

Tabel 2.2 Kriteria Akurasi

Nilai MAPE	Kriteria Akurasi
Nilai $\leq 10\%$	Tinggi
$10\% < \text{Nilai} \leq 20\%$	Baik
$20\% < \text{Nilai} \leq 50\%$	Wajar
Nilai $> 50\%$	Rendah