

Penerapan Metode *Fuzzy Tsukamoto* Untuk Pengambilan Keputusan Perencanaan Produksi Sebagai Optimalisasi Persediaan Stok

Bagas Hary Sulisty^{*}

Program Studi Informatika, Universitas PGRI Semarang, Kota Semarang

*Email: Bagashary19@gmail.com

Abstract.

Effective production planning is crucial for manufacturing companies to optimize stock inventory and meet market demand accurately. PT Volta Indonesia Semesta, a company engaged in the production of two- and three-wheeled electric vehicles, faces challenges in executing accurate production planning. Errors in planning often result in stock accumulation that is disproportionate to actual demand. This research aims to address this issue by applying the *Fuzzy Tsukamoto* Method for decision-making in production planning. This method uses historical data on production, inventory, and demand from the previous year as a basis for predicting more accurate production needs for the coming months. It is expected that with this approach, PT Volta Indonesia Semesta can enhance their production efficiency, reduce inventory costs, and optimize their response to market demand. The goal is to create an integrated framework that can be used sustainably in the production planning process. Thus, this research not only provides solutions to current problems but also lays the groundwork for continuous improvement in inventory management and strategic decision-making at PT Volta Indonesia Semesta.

Keywords: *Perencanaan Produksi, Stok Barang, Manufaktur, Fuzzy Tsukamoto, Metode Fuzzy*

Abstrak

Perencanaan produksi yang efektif merupakan hal yang krusial bagi perusahaan manufaktur guna mengoptimalkan persediaan stok dan memenuhi permintaan pasar dengan tepat. PT Volta Indonesia Semesta, perusahaan yang bergerak dalam pembuatan kendaraan listrik roda dua dan roda tiga, menghadapi tantangan dalam melakukan perencanaan produksi yang akurat. Kesalahan dalam perencanaan sering kali mengakibatkan penumpukan stok yang tidak seimbang dengan permintaan aktual. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah tersebut dengan menerapkan Metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk pengambilan keputusan dalam perencanaan produksi. Metode ini menggunakan data historis produksi, stok, dan permintaan dari tahun sebelumnya sebagai dasar untuk memprediksi kebutuhan produksi yang lebih akurat untuk bulan-bulan mendatang. Diharapkan bahwa dengan pendekatan ini, PT Volta Indonesia Semesta dapat meningkatkan efisiensi produksi mereka, mengurangi biaya persediaan, serta mengoptimalkan respons terhadap permintaan pasar. Hal ini bertujuan untuk menciptakan kerangka kerja yang terintegrasi dan dapat digunakan secara berkelanjutan dalam proses perencanaan produksi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi untuk permasalahan saat ini, tetapi juga memberikan landasan bagi peningkatan berkelanjutan dalam pengelolaan persediaan dan pengambilan keputusan strategis di PT Volta Indonesia Semesta.

1. Pendahuluan

Dalam industri saat ini, membuat keputusan yang tepat tentang volume produksi merupakan faktor kunci dalam efisiensi, kualitas, dan keberlanjutan operasi perusahaan. Keputusan yang tidak tepat saat menentukan volume produksi dapat menyebabkan inefisiensi, persediaan yang tidak terkontrol atau bahkan kehilangan peluang pemasaran. Oleh karena

itu, pengembangan sistem pendukung keputusan yang membantu manajer produksi dalam mengoptimalkan volume produksi menjadi sangat penting[1].

PT Volta Indonesia Semesta merupakan perusahaan yang berfokus menghadirkan teknologi kendaraan listrik. Telah memulai perjalanan bisnisnya sejak 2017 dengan memasarkan produk sepeda listrik dengan pabrik yang berlokasi di Kawasan Industri Terboyo, Semarang, kini Volta telah mengembangkan teknologi kendaraan listrik roda dua dan roda tiga yang ramah lingkungan. Pada 11 November 2021, PT. Volta Indonesia Semesta resmi membuka pabrik pertama kendaraannya yang berlokasi di Kawasan Industri Candi, Kota Semarang[2].

PT Volta Indonesia Semesta berkomitmen untuk memberikan produk dan layanan terbaik kepada pelanggannya. Untuk itu, perusahaan ini telah mengimplementasikan standar kualitas internasional dalam setiap tahap produksi, mulai dari pemilihan bahan baku hingga proses manufaktur dan pengujian produk akhir. Selain itu, PT Volta Indonesia Semesta juga memiliki jaringan distribusi yang luas, memungkinkan produk-produknya mudah diakses oleh konsumen di berbagai wilayah.

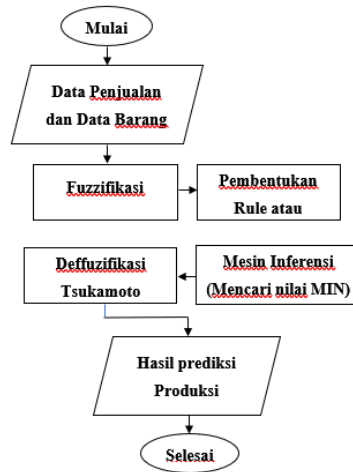
Pengelolaan stok barang merupakan tantangan yang sering dihadapi PT Volta Indonesia Semesta. Penambahan stok barang di PT Volta Indonesia Semesta dilakukan berdasarkan penjualan, permintaan pelanggan, dan stok barang yang tersedia saat itu. Fluktuasi permintaan pelanggan yang selalu berubah-ubah dapat menyebabkan penumpukan atau kekurangan stok barang. Penumpukan barang tidak hanya mengurangi kualitas produk, terutama makanan yang memiliki masa expired, tetapi juga dapat menimbulkan kerugian finansial. Sebaliknya, kekurangan stok barang dapat mengecewakan pelanggan dan mengurangi potensi keuntungan toko.

Saat ini, pengendalian stok barang di PT Volta Indonesia Semesta masih kurang terstruktur karena belum adanya sistem pencatatan penjualan yang baik. Hal ini mengakibatkan kesulitan dalam melacak barang yang laku terjual dan yang tidak laku, serta hanya bergantung pada pengecekan manual di gudang. Kondisi ini dapat mempengaruhi laba penjualan secara signifikan. Sebagai contoh, pada bulan Agustus 2024 lalu, dari 1 produk volta mandala yang diproduksi, terdapat 27 barang yang tidak terjual dan menumpuk di gudang, hal ini menyebabkan perputaran uang pada PT Volta Indonesia Semesta menjadi tidak sehat karena barang terpaksa dikeluarkan dari gudang dengan sistem diskon agar tidak menjadi dead stock.

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan analisa dan pengolahan data historis transaksi penjualan untuk menentukan tingkat produksi yang optimal untuk setiap bulannya. Penelitian ini akan menggunakan metode logika *Fuzzy Tsukamoto*. Metode ini bertujuan untuk menentukan frekuensi produksi yang optimal berdasarkan jumlah penjualan, dan sisa persediaan stok. Logika *fuzzy* merupakan pendekatan yang mampu menangani ketidakpastian dan variabilitas dengan fleksibel, menggunakan derajat keanggotaan dari 0 hingga 1[3]. Dengan memanfaatkan metode *fuzzy*, PT Volta Indonesia Semesta diharapkan dapat meramalkan kebutuhan produksi dengan lebih akurat dan adaptif terhadap perubahan-perubahan yang terjadi, sehingga pengelolaan stok dapat dilakukan dengan lebih efisien dan efektif.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan di PT Volta Indonesia Semesta. Penelitian berbentuk deskriptif kuantitatif, dimana metode *Fuzzy Inference System Tsukamoto* ini menjelaskan rincian nilai jumlah optimal yang dapat dilakukan perusahaan dalam periode produksi. Pengambilan data perusahaan dilakukan dengan cara wawancara dan observasi langsung kepada bagian produksi. Pada proses penelitian, setelah mendapatkan data yang dibutuhkan yakni data permintaan, persediaan dan produksi maka akan dilakukan pengolahan data dan berikut merupakan diagram alir proses perhitungan.



Gambar 1. Flowchart Metode Fuzzy Tsukamoto

Pada metode *Fuzzy Tsukamoto* ini untuk tahapan proses nya sendiri dimulai dari data penjualan dan data barang yang telah ada kemudian akan ditentukan variabel input dan variabel output yang Berikutnya, himpunan *Fuzzy* dibuat. Kemudian, aturan *Fuzzy* disusun dalam format IF-THEN. Setelah aturan *Fuzzy* ditentukan proses berikutnya yaitu inferensi *Fuzzy* dimana pada pada tahap ini, nilai predikat alfa, fungsi implikasi MIN digunakan untuk menghitung setiap aturan. kemudian masuk pada tahap penegasan (*defuzzifikasi*). *Defuzzifikasi* dengan teknik *Means of Maximum (MOM)* atau Rata-rata. Pada proses ini menggunakan perangkat lunak *Python* dan fasilitas yang tersedia di *toolbox Fuzzy*. Kemudian didapatkan hasil atau *output* Metode *Fuzzy Tsukamoto* dari semua tahapan yang telah dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan diskusi dapat dilakukan secara keseluruhan yang berisi temuan dan penjelasan penelitian.

3.1. Penyajian Hasil

Dalam penelitian ini data yang digunakan berupa data primer yang berasal PT Volta Indonesia Semesta. Data yang diambil adalah data produk volta mandala yang meliputi data penjualan, data persediaan, dan data produksi dari bulan Januari 2023 sampai dengan bulan Desember 2023. Data yang digunakan dalam penelitian ini ada hubungannya dengan penentuan jumlah produksi stok yang dikelompokkan pada fungsi input dan fungsi *output*. Data yang berkaitan dengan fungsi *input* dan *output* yaitu:

1) Data Penjualan (Input)

Tabel 1. Data Penjualan Stock Volta Mandala Januari 2023 - Desember 2023

Produk	Bulan	Penjualan
Volta Mandala	Januari	150
	Februari	220
	Maret	180
	April	260
	Mei	290
	Juni	310
	Juli	330
	Agustus	350
	September	280

Oktober	250
November	230
Desember	200

2) Data Pesediaan (Input)

Tabel 2. Data Persediaan Stock Volta Mandala Januari 2023 - Desember 2023

Produk	Bulan	Persediaan
Volta Mandala	Januari	500
	Februari	420
	Maret	380
	April	450
	Mei	320
	Juni	280
	Juli	260
	Agustus	230
	September	210
	Oktober	180
	November	150
	Desember	120

3) Data Produksi (Output)

Tabel 3. Data Produksi Stock Volta Mandala Januari 2023 - Desember 2023

Produk	Bulan	Produksi
Volta Mandala	Januari	30
	Februari	70
	Maret	40
	April	90
	Mei	120
	Juni	110
	Juli	100
	Agustus	130
	September	90
	Oktober	80
	November	70
	Desember	60

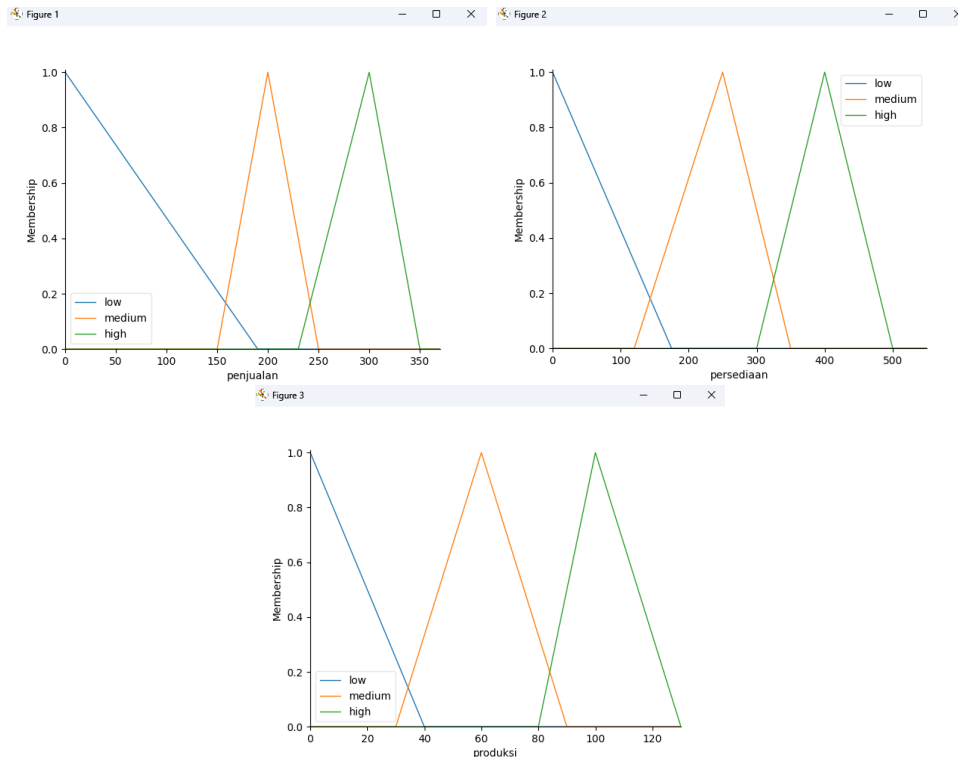
Data yang tercantum dalam tabel 1 diatas menunjukkan bahwa data penjualan terbesar diperoleh pada bulan Agustus 2023 sebanyak 350 Pcs dan data penjualan terkecil diperoleh pada bulan Januari 2023 sebanyak 150 Pcs. Data yang tercantum dalam tabel 2 diatas menunjukkan bahwa data persediaan terbesar diperoleh pada bulan Januari 2023 sebanyak 500 Pcs dan data persediaan terkecil diperoleh pada bulan Desember 2023 sebanyak 120 Pcs. Data yang tercantum dalam tabel 3 diatas menunjukkan bahwa data produksi terbesar diperoleh pada bulan Agustus 2023 sebanyak 130 Pcs dan data produksi terkecil diperoleh pada bulan Januari 2023 sebanyak 30 Pcs.

Pengolahan Inferensi *Fuzzy* pada penelitian ini Metode ini mencakup empat tahap penyelesaian, masing-masing dengan penjelasan khusus untuk mencapai hasil yang diinginkan. Metode *Fuzzy* digunakan dalam proses ini Fuzzifikasi. Tujuan fuzzifikasi adalah

untuk mengubah data masukan yang nyata menjadi data *fuzzy*. Dalam penelitian ini, ada beberapa variabel yang digunakan untuk menentukan jumlah *Produksi*. Variabel *Persediaan* dan *Penjualan* digunakan sebagai variabel masukan, dan variabel *Produksi* digunakan sebagai variabel keluaran. Nilai-nilai konkret tersebut didefinisikan melalui pembentukan himpunan *fuzzy*. Nilai-nilai yang digunakan untuk semesta pembicaraan penelitian ini berasal dari data perusahaan terendah dan tertinggi. Setiap variabel memiliki nilai himpunan *fuzzy* berikut:

Tabel 4. Himpunan Fuzzy

Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan		Domain	
			Min	Max	Min	Max
Input 1	Penjualan	Low	150	350	0	190
		Medium			150	250
		High			200	350
Input 2	Persediaan	Low	120	500	0	175
		Medium			120	350
		High			300	500
Output	Produksi	Low	30	130	0	40
		Medium			30	90
		High			80	130



Gambar 2. Representasi Nilai Himpunan Fuzzy

a) Variabel *Penjualan* memiliki tiga himpunan *Fuzzy* yaitu *Low*, *Medium*, dan *High* yang di representasikan dengan fungsi keanggotaan berikut :

Fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy Low* terdiri dari tiga selang: $[\infty, 0]$, $[0, 190]$, dan $[190, \infty]$.

$$\mu_{Low}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 0 \\ \frac{190-x}{190-0} & 0 \leq x \leq 190 \\ 0, & x > 190 \end{cases} \quad (1)$$

Fungsi keanggotaan medium terbagi menjadi empat selang: $[\infty, 150]$, $[150, 200]$, $[200, 250]$, dan $[250, \infty]$. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy medium sebagai berikut:

$$\mu_{Medium}^{(x)} = \begin{cases} 0, & x < 150 \\ \frac{x-150}{200-150} & 150 \geq x \leq 200 \\ \frac{250-x}{250-200} & 200 \geq x \leq 250 \\ 0, & x > 250 \end{cases} \quad (2)$$

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy High terbagi menjadi tiga selang, yaitu $[\infty, 230]$, $[230, 350]$, dan $[350, \infty]$. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy High ini digambarkan sebagai berikut:

$$\mu_{High}^{(x)} = \begin{cases} 0, & x < 230 \\ \frac{x-230}{350-230} & 230 \geq x \leq 350 \\ 1, & x > 350 \end{cases} \quad (3)$$

b) Variabel Persediaan memiliki tiga himpunan fuzzy yaitu Low, Medium, dan High yang di representasikan dengan fungsi keanggotaan berikut :

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy Low terdiri dari tiga selang: $[\infty, 0]$, $[0, 175]$, dan $[175, \infty]$.

$$\mu_{Low}^{(x)} = \begin{cases} 1, & x < 0 \\ \frac{175-x}{175-0} & 0 \geq x \leq 175 \\ 0, & x > 175 \end{cases} \quad (1)$$

Fungsi keanggotaan medium terbagi menjadi empat selang: $[\infty, 120]$, $[120, 235]$, $[235, 350]$, dan $[350, \infty]$. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy medium sebagai berikut:

$$\mu_{Medium}^{(x)} = \begin{cases} 0, & x < 120 \\ \frac{x-120}{235-120} & 120 \geq x \leq 235 \\ \frac{350-x}{350-235} & 235 \geq x \leq 350 \\ 0, & x > 350 \end{cases} \quad (2)$$

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy High terbagi menjadi tiga selang, yaitu $[\infty, 300]$, $[300, 500]$, dan $[500, \infty]$. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy High ini digambarkan sebagai berikut:

$$\mu_{High}^{(x)} = \begin{cases} 0, & x < 300 \\ \frac{x-300}{500-300} & 300 \geq x \leq 500 \\ 1, & x \geq 500 \end{cases} \quad (3)$$

c) Variabel Produksi memiliki tiga himpunan fuzzy yaitu Low, Medium, dan High yang di representasikan dengan fungsi keanggotaan berikut :

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy Low terdiri dari tiga selang: $[0, 30]$, $[30, 130]$, dan $[130, \infty]$.

$$\mu_{Low}^{(x)} = \begin{cases} 1, & x < 0 \\ \frac{40-x}{40-0} & 0 \geq x \leq 40 \\ 0, & x > 40 \end{cases} \quad (1)$$

Fungsi keanggotaan medium terbagi menjadi empat selang: $[\infty, 30]$, $[30, 60]$, $[60, 90]$, dan $[90, \infty]$. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy medium sebagai berikut:

$$\mu_{Medium}^{(x)} = \begin{cases} 0, & x < 30 \\ \frac{x-30}{60-30} & 30 \geq x \leq 60 \\ \frac{90-x}{90-60} & 60 \geq x \leq 90 \\ 0, & x > 90 \end{cases} \quad (2)$$

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy High terbagi menjadi tiga selang, yaitu $[\infty, 80]$, $[80, 130]$, dan $[130, \infty]$. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy High ini digambarkan sebagai berikut:

$$\mu_{High}^{(x)} = \begin{cases} 0, & x < 80 \\ \frac{x-80}{130-80} & 80 \geq x \leq 130 \\ 1, & x > 130 \end{cases} \quad (3)$$

Setelah proses Fuzziifikasi, langkah berikutnya adalah menghubungkan variabel input dan output untuk membuat aturan *Fuzzy*. Setiap aturan memiliki premis dan hasil. Setiap produk dilengkapi dengan sembilan aturan *Fuzzy* yang akan menjadi panduan melakukan inferensi untuk kasus yang dibahas dalam penelitian ini. Operator *AND* digunakan untuk membuat aturan. Berikut adalah pembentukan aturan *Fuzzy* yang ada pada Gambar 3 sebagai berikut:

```
# Aturan-aturan yang diberikan
rule1 = ctrl.Rule(penjualan['low'] & persediaan['low'], produksi['low'])
rule2 = ctrl.Rule(penjualan['low'] & persediaan['medium'], produksi['low'])
rule3 = ctrl.Rule(penjualan['low'] & persediaan['high'], produksi['low'])

rule4 = ctrl.Rule(penjualan['medium'] & persediaan['low'], produksi['medium'])
rule5 = ctrl.Rule(penjualan['medium'] & persediaan['medium'], produksi['medium'])
rule6 = ctrl.Rule(penjualan['medium'] & persediaan['high'], produksi['medium'])

rule7 = ctrl.Rule(penjualan['high'] & persediaan['low'], produksi['high'])
rule8 = ctrl.Rule(penjualan['high'] & persediaan['medium'], produksi['high'])
rule9 = ctrl.Rule(penjualan['high'] & persediaan['high'], produksi['high'])
```

Gambar 3. Representasi Aturan Fuzzy

Setelah mendapatkan aturan *Fuzzy* maka langkah selanjutnya adalah menganalisa logika *Fuzzy* pada setiap periode, dan melakukan *defuzzyfikasi* (*Z*) pada nilai yang memiliki lebih dari satu aturan. Berikut adalah panduan rumus dari proses analisa logika *Fuzzy* & *defuzzyfikasi*.

Data penjualan Bulan Februari 2023 = 220 (Berlaku aturan $200 \geq x \leq 250$)

$$\begin{aligned} \mu_{Low}^{(220)} &= 0 \\ \mu_{Medium}^{(220)} &= \frac{250 - 220}{250 - 200} = \frac{30}{50} = 0,6 \\ \mu_{High}^{(220)} &= 0 \end{aligned}$$

Data Persediaan Bulan Februari 2023 = 420 (Berlaku aturan $300 \geq x \leq 400$)

$$\begin{aligned} \mu_{Low}^{(420)} &= 0 \\ \mu_{Medium}^{(420)} &= 0 \\ \mu_{High}^{(420)} &= \frac{420 - 300}{500 - 300} = \frac{120}{200} = 0,6 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan derajat keanggotaan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan Data penjualan Bulan Februari 2023 berada pada derajat keanggotaan Penjualan “*Medium*” dan Persediaan “*High*”. Maka berlaku Aturan R[3], R[4], R[5], R[6], dan R[9]. Langkah Selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung inferensi *Fuzzy* berdasarkan Rule yang telah dibentuk. Nilai α -predikat untuk setiap aturan diperoleh melalui penggunaan fungsi implikasi MIN dalam proses ini. Nilai-nilai ini kemudian digunakan secara akurat untuk menghitung nilai output inferensi. Sebagai hasil dari perhitungan *inferensi Fuzzy*, hasilnya adalah sebagai berikut[4]:

R[3] : If (Penjualan is Low) and (Persediaan is High) then (Produksi is Low)

$$\begin{aligned} \mu_3 &= \text{Min}(0, 0.6) \\ &= 0 \end{aligned}$$

z_3 = Produksi Low dengan derajat keanggotaan 0
= 40

R[4] : If (Penjualan is Medium) and (Persediaan is Low) then (Produksi is Medium)

$$\begin{aligned} \mu_4 &= \text{Min}(0, 0.6) \\ &= 0 \end{aligned}$$

z_4 = Produksi Medium dengan derajat keanggotaan 0

Untuk interval [30, 60]:

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{z_4 - 30}{60 - 30} \\ 0 \times 30 &= z_4 - 30 \end{aligned}$$

$$30 = z_4$$
$$z_4 = 30$$

Untuk interval [60, 90]:

$$0 = \frac{90 - z_4}{90 - 60}$$
$$0 \times 30 = 90 - z_4$$
$$z_4 = 90 - 0$$
$$z_4 = 90$$

R[5] : *If (Penjualan is Medium) and (Persediaan is Medium) then (Produksi is Medium)*

$$\mu_5 = \text{Min}(0, 0.6)$$
$$= 0$$

z_5 = Produksi Medium dengan derajat keanggotaan 0

Untuk interval [30, 60]:

$$0 = \frac{z_5 - 30}{60 - 30}$$
$$0 \times 30 = z_5 - 30$$
$$30 = z_5$$
$$z_5 = 30$$

Untuk interval [60, 90]:

$$0 = \frac{90 - z_5}{90 - 60}$$
$$0 \times 30 = 90 - z_5$$
$$z_5 = 90 - 0$$
$$z_5 = 90$$

R[6] : *If (Penjualan is Medium) and (Persediaan is High) then (Produksi is Medium)*

$$\mu_6 = \text{Min}(0.6, 0.6)$$
$$= 0,6$$

z_6 = Produksi Medium dengan derajat keanggotaan 0,6

Untuk interval [30, 60]:

$$0 = \frac{z_6 - 30}{60 - 30}$$
$$0 \times 30 = z_6 - 30$$
$$30 = z_6$$
$$z_6 = 30$$

Untuk interval [60, 90]:

$$0 = \frac{90 - z_6}{90 - 60}$$
$$0 \times 30 = 90 - z_6$$
$$z_6 = 90 - 0$$
$$z_6 = 90$$

R[9] : *If (Penjualan is High) and (Persediaan is High) then (Produksi is High)*

$$\mu_9 = \text{Min}(0, 0.6)$$
$$= 0$$

z_9 = Produksi High dengan derajat keanggotaan 0

$$= 0$$

Langkah Selanjutnya Setelah mendapatkan hasil inferensi fuzzy, langkah selanjutnya adalah melakukan defuzzifikasi, yang mengubah keluaran fuzzy dari inferensi menjadi nilai nyata, yaitu[5]:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_i * z_i)}{\sum_{i=1}^n (\mu_i)} \tag{1}$$

Keterangan :

Z = Nilai tengah dari suatu himpunan fuzzy

z_i = Nilai tengah ke-i

μ_i = Alpa predikat ke-i

$$\begin{aligned} Z &= \frac{\mu_3 z_3 + \mu_4 z_4 + \mu_5 z_5 + \mu_6 z_6 + \mu_9 z_9}{\mu_3 + \mu_4 + \mu_5 + \mu_6 + \mu_9} \\ &= \frac{0 + 0 + 0 + 54 + 0}{0,6} \\ &= 90 \end{aligned}$$

Hasil pengujian Defuzzifikasi dapat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel 5. Hasil Perbandingan Perhitungan Fuzzy Tsukamoto Dengan Data Produksi

	Bulan	Produksi	Fuzzy Tsukamoto
Volta Mandala	Januari	30	49.40
	Februari	70	90.00
	Maret	40	50.05
	April	90	107.25
	Mei	120	109.85
	Juni	110	105.95
	Juli	100	109.85
	Agustus	130	124.80
	September	90	111.80
	Oktober	80	65.00
	November	70	50.05
	Desember	60	50.05

Berdasarkan hasil keseluruhan dari perhitungannya menggunakan metode Tsukamoto, langkah selanjutnya adalah melakukan uji validasi dengan menghitung nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), yang ditunjukkan seperti berikut:

$$Mape = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{X_i - F_i}{X_i} \right|}{n} \times 100 \tag{1}$$

Keterangan :

X_i = Nilai data asli amatan ke-i

F_i = Nilai ramalan amatan ke-i

n = Banyaknya data

$$\begin{aligned}
 & \left| \begin{array}{l} \left(\frac{30-49,40}{30}\right) + \left(\frac{70-90}{70}\right) + \\ \left(\frac{40-50,05}{40}\right) + \left(\frac{90-107,25}{90}\right) + \\ \left(\frac{120-109,85}{120}\right) + \left(\frac{110-105,95}{110}\right) + \\ \left(\frac{100-109,85}{100}\right) + \left(\frac{130-124,80}{130}\right) + \\ \left(\frac{90-111,80}{90}\right) + \left(\frac{80-65}{80}\right) + \\ \left(\frac{70-50,05}{70}\right) + \left(\frac{60-50,05}{60}\right) \end{array} \right| \times 100 = \left| \begin{array}{l} (-0,65) + (-0,20) + \\ (-0,25) + (-0,19) + \\ (0,08) + (0,04) + \\ (-0,10) + (0,04) + \\ (-0,24) + (0,19) + \\ (0,29) + (0,17) \end{array} \right| \times 100 = 0.82 \times 100 = 8,2\%
 \end{aligned}$$

Nilai MAPE dengan metode Tsukamoto sebesar 8,2%, Jadi berdasarkan hasil ini karena nilai MAPEnya kurang dari 10%, maka mesin inferensi yang dirancang sudah berjalan dengan sangat baik(6).

3.2. Pembahasan

Pengolahan *Inferensi Fuzzy* pada penelitian ini terdapat empat langkah untuk penyelesaiannya. Untuk mendapatkan output setiap langkah memiliki penjabarannya masing-masing. Data yang diberikan mencakup variabel-variabel yang penting dalam mengambil keputusan terkait Produksi, yaitu penjualan dan persediaan. Variabel penjualan dibagi menjadi 3 himpunan *Fuzzy* yaitu himpunan *Fuzzy Low*, *Medium*, dan *High*, dengan rentang nilai yang jelas untuk masing-masing kategori. Begitu pula dengan variabel persediaan, yang juga memiliki 3 himpunan *Fuzzy* dengan rentang nilai yang ditetapkan. Selain itu, output yang diinginkan, yaitu jumlah Produksi, juga dibagi menjadi 3 himpunan *Fuzzy* dengan rentang nilai yang telah ditentukan. Melalui data ini, sistem logika *Fuzzy* dapat menerapkan aturan-aturan yang telah ditetapkan untuk menghasilkan jumlah Produksi yang tepat berdasarkan kondisi penjualan dan persediaan yang diberikan. Dengan demikian, struktur data yang diberikan memberikan kerangka kerja yang jelas untuk pengambilan keputusan dalam hal pembuatan Produksi, dengan memperhitungkan variabel-variabel kunci yang relevan dan menggunakan himpunan *Fuzzy* untuk menangani ketidakpastian dalam data.

Terdapat sembilan aturan *Fuzzy* yang menghubungkan variabel Penjualan (*Sales*) dan Persediaan (*Inventory*) dengan Produksi. Pertama, jika tingkat penjualan rendah (*Low*) dan persediaan rendah, maka Produksi juga akan rendah. Kedua, jika penjualan rendah dan persediaan medium, maka Produksi tetap rendah. Ketiga, jika penjualan rendah dan persediaan tinggi, Produksi akan tetap rendah. Keempat, jika penjualan sedang (*Medium*) dan persediaan rendah, Produksi akan menjadi sedang. Kelima, jika penjualan sedang dan persediaan juga sedang, maka Produksi akan tetap sedang. Keenam, jika penjualan sedang dan persediaan tinggi, Produksi akan tetap sedang. Ketujuh, jika penjualan tinggi dan persediaan rendah, maka Produksi akan tinggi. Kedelapan, jika penjualan tinggi dan persediaan medium, Produksi akan tetap tinggi. Dan terakhir, jika penjualan tinggi dan persediaan tinggi, Produksi akan tetap tinggi. Dengan demikian, aturan-aturan ini memetakan hubungan antara tingkat penjualan dan persediaan dengan keputusan untuk produksi *stock*, yang dapat digunakan dalam sistem penentuan Produksi berbasis *Logika Fuzzy*.

Hasil secara keseluruhan menunjukkan bahwa nilai *MAPE* metode *Tsukamoto* adalah sebesar 8,2%. Hasil perhitungan metode *Tsukamoto*, menunjukkan Nilai *MAPE* dengan metode *Tsukamoto* sebesar 8,2%, Jadi berdasarkan hasil ini karena nilai *MAPE*-nya kurang dari 10%, maka mesin inferensi yang dirancang sudah berjalan dengan sangat baik.

4. Kesimpulan

Bagian kesimpulan berisi ringkasan temuan penelitian, yang berkorelasi dengan tujuan penelitian yang ditulis dalam pendahuluan. Kemudian nyatakan poin utama diskusi.

Kesimpulan umumnya diakhiri dengan pernyataan tentang bagaimana pekerjaan penelitian berkontribusi pada bidang studi secara keseluruhan (menunjukkan bagaimana kemajuan dari pengetahuan terbaru). Kesalahan umum dalam bagian ini adalah mengulangi hasil percobaan, abstrak, atau disajikan dengan daftar yang sangat. Bagian penutup harus memberikan kebenaran ilmiah yang jelas. Selain itu, kesimpulan juga dapat memberikan saran untuk percobaan di masa depan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah tersebut dengan menerapkan Metode Fuzzy Tsukamoto untuk pengambilan keputusan dalam perencanaan produksi. Metode ini menggunakan data historis produksi, stok, dan permintaan dari tahun sebelumnya sebagai dasar untuk memprediksi kebutuhan produksi yang lebih akurat untuk bulan-bulan mendatang. Diharapkan bahwa dengan pendekatan ini, PT Volta Indonesia Semesta dapat meningkatkan efisiensi produksi mereka, mengurangi biaya persediaan, serta mengoptimalkan respons terhadap permintaan pasar.

Hasil secara keseluruhan menunjukkan bahwa nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* metode Tsukamoto adalah sebesar 8,2%. Berdasarkan hasil ini, karena nilai MAPE-nya kurang dari 10%, maka mesin inferensi yang dirancang sudah berjalan dengan sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dibuat mampu memberikan keputusan produksi yang akurat berdasarkan data penjualan dan persediaan yang diberikan.

5. Referensi

- [1] Wicaksono B, Febrianto A, Monika L, Arifin S. Sistem Pendukung Keputusan Jumlah Produksi Dengan Metode Fuzzy. JURIHUM J Inov dan Hum [Internet]. 2023;1(1):105–15. Tersedia pada: <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/jurikum>
- [2] PT Volta Indonesia Semesta. PT Volta Indonesia Semesta.
- [3] Fachrudin HD, Kumala Dewi N, Rafif Novanil M. Optimalisasi Jumlah Produksi Teh Botol Sosro Dan Fruit Tea Menggunakan Metode Fuzzy Inference System Tsukamoto (Studi Kasus : Pt. Sinar Sosro Palembang). J Ilm Sain dan Teknol. 2023;1(3):56–68.
- [4] Rahman S, Sugito Djie R, Hasniati. Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto dalam Menangani Ketersediaan Barang. Jtriste. 2016;3(2):47–59.
- [5] Maryam S, Bu'ulolo E, Hatmi E. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Tsukamoto Dalam Menentukan Harga Mobil Bekas. J Informatics, Electr Electron Eng [Internet]. 2021;1(1):10–4. Tersedia pada: <https://djournals.com/jieeee/article/view/54https://djournals.com/jieeee/article/download/54/164>
- [6] Caraka AA, Haryanto H, Kusumaningrum DP, Astuti S, Komputer FI, Nuswantoro UD. LOGIKA FUZZY MENGGUNAKAN METODE TSUKAMOTO. 2015;14(4):255–65.