

Perencanaan Produksi Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Menggunakan Metode Logika Fuzzy (Studi Kasus di PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Silosanen)

*Robusta Coffee (Coffea canephora) Production Planning Using Fuzzy
Logic Methods
(Case Study At PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Silosanen)*

Yuli Wibowo^{1*}, Rima Malica Mukammila²

^{1,2}Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Jember

*Email Koresponden: yuliwibowo.ftp@unej.ac.id

Kata Kunci

*Fuzzy Mamdani, fuzzy
Tsukamoto green bean,
perencanaan produksi*

Copyright (c) 2022 Yuli
Wibowo, Rima Malica
Mukammila



This work is licensed under a
[Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

ABSTRAK

PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun silosanen merupakan salah satu perusahaan milik negara di Kabupaten Jember yang yang bergerak di bidang pengolahan kopi robusta (*green bean*). Permasalahan yang dialami adalah ketidaksesuaian antara rencana perusahaan dengan permintaan pasar yang setiap tahunnya berfluktuatif, sehingga hal tersebut mempengaruhi persediaan yang akan disimpan seperti terjadinya *stockout* (kurangnya persediaan) dan *overstock* (persediaan berlebih) serta juga mempengaruhi munculnya biaya penyimpanan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi dengan menggunakan dua metode logika *fuzzy* yaitu *fuzzy* Tsukamoto dan Mamdani. Kemudian menentukan metode *fuzzy* terbaik menggunakan nilai MAPE serta membuat rencana produksi perusahaan dengan variabel input jumlah permintaan, persediaan dan realisasi mutu. Hasil penelitian menunjukkan metode *fuzzy* Tsukamoto terpilih menjadi alternatif metode untuk digunakan dalam perhitungan rencana produksi periode selanjutnya. Nilai MAPE yang diperoleh “baik” karena berada diantara 10 – 20% yaitu sebesar 11,9%. Hasil simulasi model fuzzy Tsukamoto untuk rencana produksi dilakukan dengan memprediksi data jumlah permintaan dan jumlah persediaan menggunakan metode peramalan DES Brown sedangkan data jumlah realisasi mutu menggunakan metode SES. Data hasil rencana produksi menggunakan fuzzy Tsukamoto untuk bulan Juli 2021 – Desember 2021 masing – masing adalah 55.945 kg, 35.614 kg, 52.501 kg, 57.097 kg, 60.477 kg, dan 61.545 kg.

Keywords

fuzzy Mamdani, fuzzy Tsukamoto, green bean, production plan

ABSTRACT

PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun silosanen is one of the state-owned companies in Jember Regency which is engaged in the processing of robusta coffee (green bean). The problem is the mismatch between the company's plan and the seasonally variable market demand, which affects the inventory that must be held, which results in situations like stockouts and overstocks and drives up storage costs. The purpose of this study is to evaluate using two methods, namely fuzzy Tsukamoto and Mamdani. Then determine the best method using mape values and make a company production plan using 3 input variables, namely the amount of demand, inventory and quality realization. The results showed that Tsukamoto's fuzzy method was chosen as an alternative method to be used in the production plan for the next period. The MAPE value obtained is "good" because it is between 10-20%, which is 11.9%. The simulation results of Tsukamoto's fuzzy model for the production plan were carried out using the DES Brown forecasting method (supply, demand) and the SES method (quality realization). The data from the production plan using Tsukamoto fuzzy for July 2021 – December 2021 are 55,945 kg, 35,614 kg, 52,501 kg, 57,097 kg, 60,477 kg, and 61,545 kg, respectively.

1. PENDAHULUAN

Kopi Robusta dengan nama latin *Coffea canephora* merupakan salah satu jenis kopi yang banyak tumbuh di Indonesia, dengan iklim tropis yang dimiliki menjadikan negara Indonesia salah satu pengekspor kopi terbesar keempat setelah Brazil, Vietnam dan Kolombia dari data tahun 2015 hingga tahun 2020 (*International Coffe Organization*, 2019). Kopi robusta cukup berperan dalam sebagian besar ekspor di berbagai negara, menurut data produksi kopi Indonesia pada tahun 2018 didominasi oleh 81,18% kopi jenis robusta, dapat dikatakan berkontribusi terhadap rata – rata produksi kopi mencapai 537,57 ribu ton. Selain kopi robusta, juga dibudidayakan kopi arabika yang berkontribusi sebesar 18,82% dari total produksi nasional (Direktorat Jenderal Perkebunan 2018).

PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Silosanen salah satu industri kopi di Kabupaten Jember yang berlokasi di Desa Mulyorejo, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember dan salah satu badan usaha milik negara yang berfokus pada pengolahan kopi robusta. Bahan baku keseluruhan didapatkan dari 4 afdeling/kebun yang dimiliki diantaranya afdeling Kampoengan, Darungan, Pinang dan Wringin anom. Hasil produk yang dihasilkan berupa kopi green bean dengan berbagai mutu diantara mutu high grade (R/WP 1L, R/WP 1M, dan R/WP 1 S) sedangkan untuk mutu low grade adalah R/WP 4, mutu K dan mutu B. Banyaknya biji kopi yang diproduksi disesuaikan dengan mutu yang diminta oleh PTPN XII Surabaya. Umumnya mutu biji kopi yang dikirim untuk skala ekspor adalah mutu superior/ R/WP 1 yaitu biji kopi green bean yang telah melalui proses sortasi dan dengan nilai cacat kurang dari 11%.

Permasalahan yang sering dihadapi oleh perusahaan dalam memproduksi kopi ialah terjadinya ketidaksesuaian antara rencana perusahaan dengan permintaan pasar yang setiap tahunnya berfluktuatif, sehingga hal tersebut juga mempengaruhi persediaan yang akan disimpan. Berikut beberapa data yang diperoleh dari perusahaan diantaranya, pada bulan Agustus 2017 jumlah permintaan biji kopi green bean sebesar 18.000 kg, sedangkan jumlah produksi perusahaan sebesar 85.420 kg, serta jumlah persediaan yang ada mencapai 65.420 kg. Hal tersebut dapat menimbulkan bertambahnya jumlah biji kopi yang akan disimpan. Selain itu, pada bulan Desember 2019 jumlah permintaan biji kopi yang harus dikirim sebesar 73.200 kg, sedangkan jumlah produksi hanya mencapai 29.000 kg dan jumlah persediaan biji kopi yang tersedia sebesar 20.390 kg. Hal tersebut yang mengakibatkan terjadinya kekurangan persediaan biji kopi. Dari kedua permasalahan yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa apabila perusahaan mengalami overstok maka akan berdampak pada bertambahnya biaya penyimpanan, sedangkan apabila perusahaan mengalami stockout akan menyebabkan kurangnya persediaan dan juga akan berpengaruh terhadap terpenuhinya permintaan pasar.

Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan dalam perencanaan produksi adalah menggunakan metode Logika fuzzy. Terdapat 2 jenis logika fuzzy yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode Tsukamoto dan metode Mamdani, kedua metode memiliki cara yang berbeda pada tahapan inferensi dan defuzzifikasi. Metode Tsukamoto dapat dikatakan sebagai logika fuzzy paling efisien untuk diterapkan pada suatu pemodelan dikarenakan metode Tsukamoto memiliki sistem inferensi paling mudah dimodelkan daripada metode lainnya (Mulyanto & Haris, 2016). Sedangkan metode Mamdani memiliki kelebihan karena bersifat intuitif, mencakup bidang yang luas, serta sesuai dengan input informasi manusia (Abrori & Prihamayu, 2015)

Dalam mengatasi permasalahan produksi pada PTPN XII Kebun Silosanen, kedua metode dapat digunakan untuk menentukan perencanaan produksi berdasarkan data persediaan, permintaan dan realisasi mutu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dan membandingkan perencanaan produksi yang optimal menggunakan metode Tsukamoto dan metode Mamdani. Metode tersebut dapat dikatakan optimal apabila jumlah produksi barang mendekati data realisasi yang ada di perusahaan serta pada proses perencanaan produksi juga menggunakan metode peramalan untuk mengetahui prediksi jumlah produksi selanjutnya yang diharapkan mampu menjadi alternatif dalam merencanakan jumlah produksi kopi yang tepat di perusahaan.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei - Agustus 2021. Lokasi penelitian dilaksanakan di PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Silosanen, Desa Mulyorejo, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Sumber data dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari objek penelitian yaitu di PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Silosanen melalui proses observasi, wawancara dan diskusi dengan pakar yang terkait. Data sekunder diperoleh dari sumber yang tidak langsung, biasanya berupa data dokumentasi dan arsip – arsip penting. Adapun data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini diantaranya, studi literatur yang relevan dengan judul penelitian serta data

arsip perusahaan berupa persediaan, permintaan, realisasi mutu dan jumlah produksi tahun Juli 2016 hingga Juni 2020.

Pemilihan pakar yang dilibatkan dalam penelitian ini adalah wakil kepala kantor, asisten teknologi pengolahan dan kepala mandor produksi.

2.2 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan dalam menentukan perencanaan produksi pada PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Silosanen sebagai berikut:

1. Tahap identifikasi Sistem

Tahapan identifikasi sistem merupakan tahap awal dari penelitian ini yang terdiri dari observasi lapang, perumusan masalah beserta studi literatur. Observasi lapang dilakukan untuk mengetahui kondisi perusahaan sebenarnya dengan melakukan wawancara pada pihak perusahaan. Kemudian dilakukan perumusan masalah yang terjadi pada unit produksi PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Silosanen terkait rencana produksi. Selanjutnya pada tahapan studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori – teori dan penelitian terdahulu yang terkait dengan topik serta metode penelitian yang diperoleh baik dari jurnal maupun buku.

2. Tahap pengolahan data logika fuzzy

Secara umum untuk perancangan suatu sistem fuzzy perlu dilakukan beberapa tahapan diantaranya:

a. Fuzzifikasi

Merupakan proses untuk mengubah input sistem yang mempunyai nilai tegas menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan dalam basis pengetahuan fuzzy. Himpunan fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas 2qkkkjangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval $[0,1]$. Nilai keanggotaan menunjukkan bahwa suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai μ menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai – nilai antara benar dan salah (Priyo, 2017).

b. Pembentukan rule base

Proses pembentukan himpunan fuzzy, maka didapatkan nilai keluaran yaitu berupa nilai Crisp yang dapat menjadi basis pengetahuan fuzzy (rule dalam bentuk IF-THEN). Basis pengetahuan ini akan digunakan untuk menentukan nilai MIN pada α - predikat. Rule yang terbentuk menyatakan keterkaitan antara variabel input dan variabel berdasarkan fuzzy yang digunakan (Wawan et al., 2021).

c. Defuzzifikasi

Merupakan mengubah output *fuzzy* yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan. Proses defuzzifikasi pada metode Tsukamoto menggunakan metode rata-rata (*Average*) dengan rumus berikut (Kusumadewi & Purnomo, 2013).

- Metode Tsukamoto

Pada metode ini, proses defuzzifikasi dapat diperoleh dari nilai output yaitu nilai Z (crisp) yang dihitung dengan proses merubah input yaitu himpunan fuzzy menjadi bilangan pada domain himpunan fuzzy. Proses defuzzifikasi yang digunakan pada metode tsukamoto adalah rata-rata terpusat. Berikut persamaan defuzzifikasi Tsukamoto (Pasaribu et al., 2021):

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

Z = nilai *output (crisp)*

α_i = nilai α -predikat pada aturan ke-i

z_i = nilai variabel *output* masing –masing dari aturan ke-i

- Metode Mamdani

Pada metode Mamdani dapat dilakukan dengan beberapa metode defuzzifikasi antara lain *Centroid, Bisektor, Mean of Maximum, Largest of Maximum* atau *Smallest of Maximum* (Samosir et al., 2013). Metode centroid adalah metode paling banyak diusulkan oleh banyak peneliti untuk digunakan. Metode *centroid* disebut juga (*Center of Gravity*), dimana proses defuzzifikasi dilakukan dengan cara mengambil nilai titik pusat (x^*) dari daerah pada fungsi keanggotaan. Secara umum dapat dirumuskan (Apriyanti & Aksad, 2012):

$$z_0 = \frac{\int_a^b z \cdot \mu(z) dz}{\int_a^b \mu(z) dz} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

Z = nilai domain ke-i

$\mu(z)$ = derajat keanggotaan titik tersebut

Z_0 = nilai hasil penegasan (defuzzifikasi)

3. Tahap Pengujian

Metode logika fuzzy dikatakan memadai apabila memiliki nilai kesalahan (error) prediksi terkecil. Tingkat validasi peramalan dari suatu model dapat dihitung menggunakan MAPE (Mean Absolute Percentage Error. Secara umum nilai MAPE dapat dirumuskan sebagai berikut (Tundo & Sela, 2018):

$$MAPE = \left(\frac{100}{n} \right) \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

X_t = Data aktual pada periode t

F_t = Nilai peramalan pada periode t

N = Jumlah periode peramalan yang terlibat

Dalam perhitungan MAPE Semakin rendah nilai yang dihasilkan, maka dapat dikatakan model peramalan tersebut memiliki kemampuan yang baik yang dapat dikategorikan dengan rentan nilai yang sudah ditetapkan. Kategori untuk nilai MAPE dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kategori nilai MAPE

MAPE	Kategori
<10%	Peramalan sangat baik
10 – 20%	Peramalan baik
20 – 50%	Peramalan layak/cukup
>50%	Peramalan buruk

Sumber: (Halimi et al., 2013)

4. Tahap Simulasi Model

Pada tahap ini, data yang akan digunakan adalah hasil peramalan permintaan, jumlah persediaan dan realisasi mutu 5 tahun terakhir. Adapun metode yang akan digunakan pada ketiga variabel tersebut yaitu metode peramalan *Exponential Smoothing* yang merupakan suatu model peramalan rata – rata bergerak yang melakukan pembobotan terhadap data masa lalu dengan cara eksponensial sehingga data paling akhir mempunyai bobot atau timbangan lebih besar dalam rata – rata bergerak (Haryati, 2019). Pada penelitian ini menggunakan metode *Single Eksponentian Smoothing (SES)* dan *Double Eksponentian Smoothing (DES)* Brown.

Parameter yang digunakan pada metode *Double Exponential Smoothing* yaitu α , yang memiliki nilai antara 0 dan 1. Jika data yang digunakan semakin banyak dalam perhitungan peramalannya, maka *percentage error* nilai ramalan akan semakin kecil, berlaku sebaliknya (Haryati, 2019). Berikut tahap untuk melakukan perhitungan peramalan dengan menggunakan *Double Exponential Smoothing* adalah sebagai berikut:

- Menentukan *smoothing* pertama.

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \dots\dots\dots(4)$$

- Menentukan *smoothing* kedua

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \dots\dots\dots(5)$$

- Menentukan konstanta a

$$a_t = 2S'_t - S''_{t-1} \dots\dots\dots(6)$$

- Menentukan besarnya slope

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t) \dots\dots\dots(7)$$

- Menentukan nilai peramalan

$$F_{t+m} = \alpha_t + b_t m \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

- S' = Nilai pemulusan exponential tunggal
- S'' = Nilai pemulusan exponential ganda
- a_t, b_t = Konstanta pemulusan
- α = Parameter perataan antara 0 dan 1
- F_{t+m} = Hasil peramalan ke- m
- m = Jumlah periode selanjutnya yang akan diramal

Metode Single Exponential Smoothing (SES) adalah teknik peramalan rata-rata bergerak dengan pembobotan dimana data diberi bobot oleh fungsi exponential (Wibowo et al., 2019). Adapun rumus dari metode SES sebagai berikut:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha) F_{t-1} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

- F_{t+1} = Peramalan untuk periode t +1
- X_t = Nilai real periode ke t
- α = Bobot yang menunjukkan konstanta smoothing ($0 < \alpha < 1$)
- F_{t-1} = Peramalan untuk periode t -1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Prediksi produk kopi robusta menggunakan logika fuzzy

Berdasarkan hasil identifikasi variabel 5 tahun terakhir (Juli 2016 – Desember 2020) diperoleh data maksimum dan minimum dari masing – masing variabel input dan output seperti pada tabel 2.

1. Fuzzifikasi

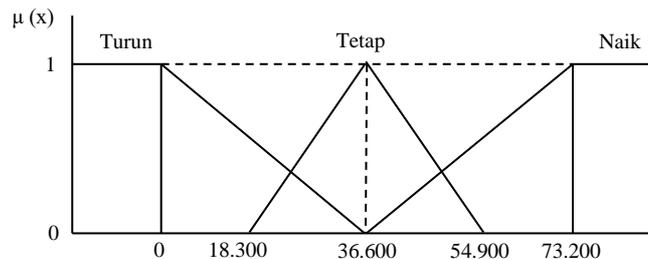
Tabel 2. Data Maksimum dan Minimum

Data	Jumlah	Satuan
Permintaan maksimum	73.200	Kg/bulan
Permintaan minimum	0	Kg/bulan
Persediaan maksimum	76.185	Kg/bulan
Persediaan minimum	0	Kg/bulan
Realisasi mutu maksimum	30.560	Kg/bulan
Realisasi mutu minimum	0	Kg/bulan
Produksi maksimum	85.420	Kg/bulan
Produksi minimum	0	Kg/bulan

Fungsi keanggotaan dari masing – masing variabel input maupun output sebagai berikut:

a. Representasi variabel permintaan

Variabel permintaan terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu Turun [0 18.300], Tetap [18.300 54.900], Naik [36.600 73.200]. Pada tahapan ini fungsi keanggotaan menggunakan kurva berbentuk bahu dan segitiga yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Fungsi Keanggotaan Variabel Permintaan

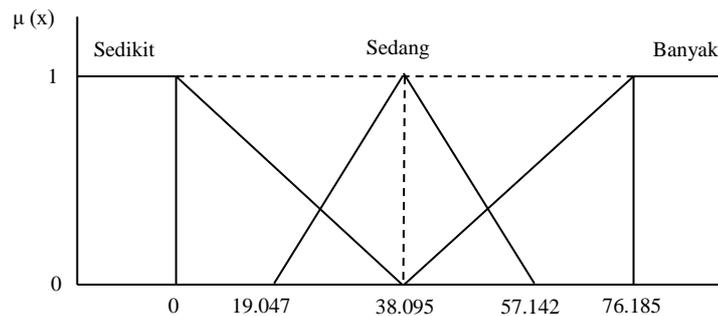
$$\mu_{Turun}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{36.600 - x}{36.000 - 0} & a \leq x \leq 36.000 \\ 0; & x \geq 36.600 \end{cases}$$

$$\mu_{Tetap}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 18.300 \text{ atau } x \geq 54.900 \\ \frac{x - 18.300}{36.600 - 18.300} & 18.300 \leq x \leq 36.600 \\ \frac{54.900 - x}{54.900 - 36.600} & 36.600 \leq x \leq 54.900 \end{cases}$$

$$\mu_{Naik}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 36.600 \\ \frac{x - 36.600}{73.200 - 36.600} & 36.600 \leq x \leq 73.200 \\ 1; & x \geq 73.200 \end{cases}$$

b. Representasi variabel persediaan

Variabel permintaan terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu Sedikit [0 19.047], Sedang [19.047 57.142], Banyak [38.095 76.185]. Pada tahapan ini fungsi keanggotaan menggunakan kurva berbentuk bahu dan segitiga yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Variabel Persediaan

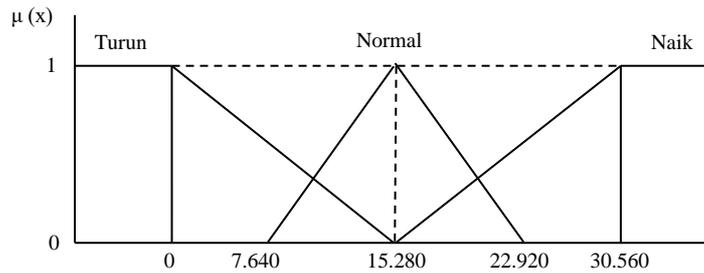
$$\mu_{Sedikit}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{38.095 - x}{38.095 - 0} & 0 \leq x \leq 38.095 \\ 0; & x \geq 38.095 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 19.047 \text{ atau } x \geq 57.142 \\ \frac{x - 19.047}{38.095 - 19.047} & 19.047 \leq x \leq 38.095 \\ \frac{57.142 - x}{57.142 - 38.095} & 38.095 \leq x \leq 57.142 \end{cases}$$

$$\mu_{Banyak}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 38.095 \\ \frac{x - 38.095}{76.185 - 38.095} & 38.095 \leq x \leq 76.185 \\ 1; & x \geq 76.185 \end{cases}$$

c. Representasi variabel realisasi mutu

Variabel permintaan terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu Turun [0 7.640], Normal [7.640 22.920], Naik [15.280 30.560]. Pada tahapan ini fungsi keanggotaan menggunakan kurva berbentuk bahu dan segitiga yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Variabel Persediaan

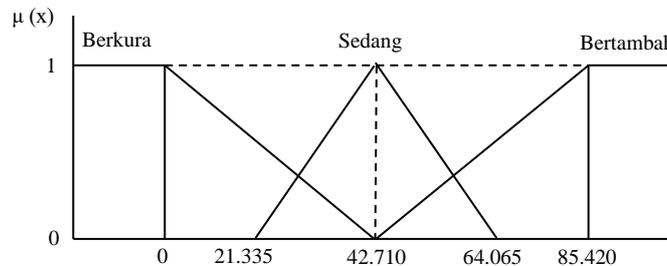
$$\mu_{Turun}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{15.280 - x}{15.280 - 0} & a \leq x \leq 15.280 \\ 0; & x \geq 15.280 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 7.640 \text{ atau } x \geq 22.920 \\ \frac{x - 7.640}{15.280 - 7.640} & 7.640 \leq x \leq 15.280 \\ \frac{22.920 - x}{22.920 - 15.280} & 15.280 \leq x \leq 22.920 \end{cases}$$

$$\mu_{Naik}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 15.280 \\ \frac{x - 15.280}{30.560 - 15.280} & 7.640 \leq x \leq 15.280 \\ 1; & x \geq 30.560 \end{cases}$$

d. Representasi variabel produksi

Variabel permintaan terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu Berkurang [0 21.335], Sedang [21.335 64.065], Bertambah [42.710 85.420]. Dalam tahapan ini fungsi keanggotaan menggunakan kurva berbentuk bahu dan segitiga yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Variabel Produksi

$$\mu_{Turun}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{42.710 - x}{42.710 - 0} & a \leq x \leq 42.710 \\ 0; & x \geq 42.710 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 21.335 \text{ atau } x \geq 64.065 \\ \frac{x - 21.335}{42.710 - 21.335} & 21.335 \leq x \leq 42.710 \\ \frac{64.065 - x}{64.065 - 42.710} & 42.710 \leq x \leq 64.065 \end{cases}$$

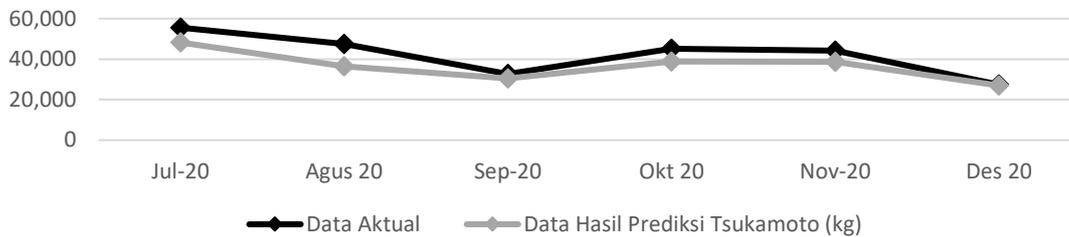
$$\mu_{Naik}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 42.710 \\ \frac{x - 42.710}{85.420 - 42.710} & 42.710 \leq x \leq 85.420 \\ 1; & x \geq 85.420 \end{cases}$$

2. Pembentukan *rulebase*

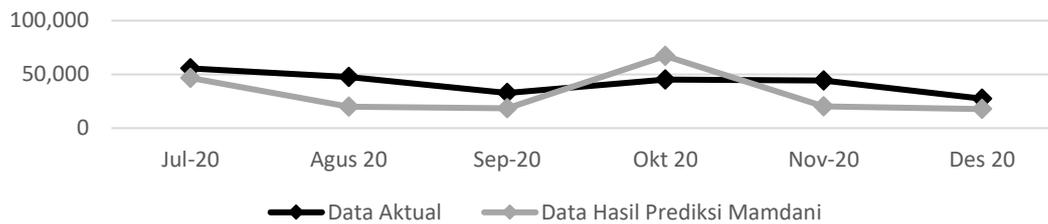
Pada tahap ini, pembentukan aturan – aturan yang akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan output terhadap sistem fuzzy. Aturan yang dimaksud berbentuk If ...And...Then... yang merupakan kombinasi dari 3 variabel input dan 1 variabel output (Apriyanti & Aksad, 2012). Rule yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 12 rule.

3. Defuzzifikasi

Pada tahap ini, data *fuzzy* dirubah menjadi data *crisp*. Pada metode Tsukamoto, proses defuzzifikasi menggunakan metode rata-rata terbobot, sedangkan pada metode Mamdani prosesnya menggunakan *centroid* (Kusumadewi & Purnomo, 2013). Kemudian data hasil defuzzifikasi dibandingkan dengan data aktual. Dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Produksi Perusahaan dan Hasil Prediksi Tsukamoto



Gambar 6. Grafik perbandingan produksi perusahaan dan hasil prediksi Mamdani

Tabel 3. Hasil Pengujian Metode Tsukamoto dan Mamdani

Bulan	Produksi Perusahaan (kg)	Hasil Prediksi Tsukamoto (kg)	MAPE (%)	Hasil Prediksi Mamdani (kg)	MAPE (%)
Juli 2020	55.540	48.204	13,2	46.559	16,2
Agustus 2020	47.555	36.474	23,3	19.837	58,3
September 2020	32.621	30.452	6,65	18.461	43,4
Oktober 2020	45.102	38.884	13,8	67.143	48,9
November 2020	44.200	38.652	12,6	20.357	53,9
Desember 2020	27.400	26.950	1,64	17.712	35,4
Rata – rata			11,9		42,7

Berdasarkan tabel diatas, diketahui rata-rata nilai MAPE pada metode Tsukamoto adalah 11,9%, dimana nilai tersebut termasuk dalam kategori “baik”. Sedangkan nilai MAPE pada metode Mamdani diperoleh sebesar 42,7% , dimana nilai tersebut termasuk

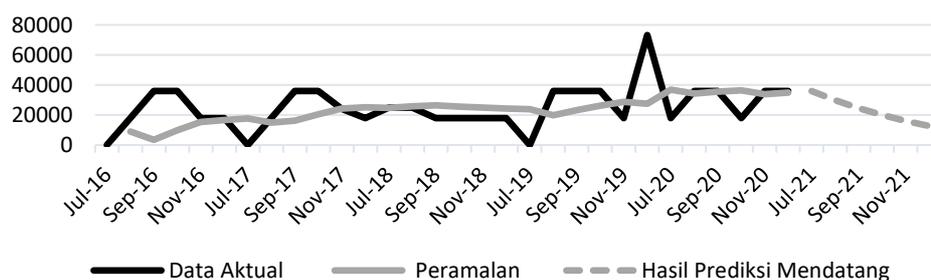
dalam kategori “layak”. Hal tersebut sesuai dengan literatur, bahwa semakin rendah kemampuan nilai MAPE dari model peramalan yang digunakan, maka semakin rendah pula tingkat kesalahan peramalan yang terjadi (Halimi et al., 2013).

3.2 Hasil Simulasi Model

Data yang digunakan dalam meramalkan jumlah permintaan, persediaan dan realisasi mutu kopi robusta (*green bean*) adalah data permintaan dalam periode 5 tahun terakhir (Juli 2016 – Desember 2020). Peramalan permintaan menggunakan salah satu metode pemulusan yaitu *Double Eksponential Smoothing* (DES) Brown untuk variabel permintaan dan persediaan sedangkan variabel realisasi mutu menggunakan *Single Eksponential Smoothing* (SES) dengan bantuan *Microsoft excel* 2013.

a. Simulasi model peramalan permintaan

Berdasarkan grafik gambar 7, terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara data realisasi dengan peramalan. Seperti data peramalan pada bulan Agustus 2016, September 2016, Oktober 2016, dan Juli 2017 berturut turut sebesar 9.000 kg, 3.459 kg, 9.881 kg, 17.587 kg. Sedangkan hasil dari data aktual berturut – turut sebesar 18.000 kg, 36.000 kg dan 36.000 kg, dan 0 kg. Dari data tersebut penyimpangan yang cukup besar mempengaruhi error semakin besar pula. Nilai MAD yang diperoleh dari hasil peramalan permintaan kopi robusta dalam periode 5 tahun terakhir yaitu 11.282, sedangkan nilai MSE yang didapatkan sebesar 243.294.095. Menurut Gofur & Widiarti (2015) MAD (*Mean Absolute Deviation*) digunakan untuk mengukur kesalahan peramalan dalam unit ukuran yang sama seperti data aslinya. Sedangkan MSE (*Mean Square Error*) merupakan kesalahan nilai tengah kuadrat atau rata – rata kesalahan peramalan yang dikuadratkan. Dalam peramalan semakin kecil nilai tingkat kesalahan maka data peramalan yang dihasilkan semakin akurat. Hasil peramalan mendatang untuk data permintaan kopi robusta pada bulan Juli 2021 hingga Desember 2021 berturut – turut ialah 35.925 kg, 29.778 kg, 24.481 kg, 19.927 kg, 16.022 kg dan 12.684 kg.

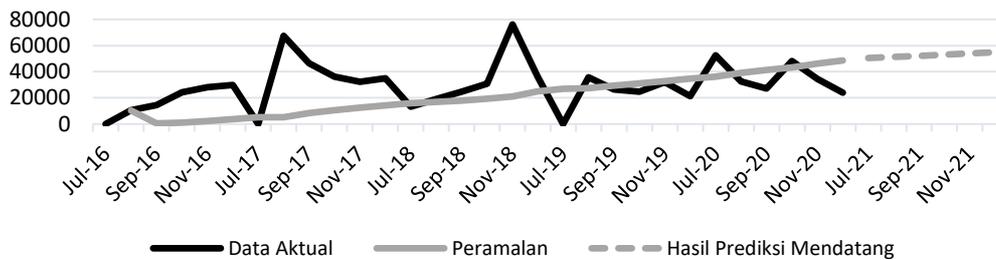


Gambar 7. Grafik Hasil Peramalan Permintaan

b. Simulasi model peramalan persediaan

Berdasarkan gambar grafik, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara data realisasi dengan peramalan. Seperti data peramalan pada bulan September, Oktober, November 2016 dan Agustus 2017 berturut turut memiliki jumlah sebesar 492 kg, 1170 kg, 2.318 kg, dan 5.104 kg. Sedangkan hasil dari data aktual berturut – turut sebesar 14.366 kg, 24.270 kg, 28.270 kg, dan 0 kg. Dari data tersebut penyimpangan yang cukup besar mempengaruhi error semakin besar pula. Nilai MAD

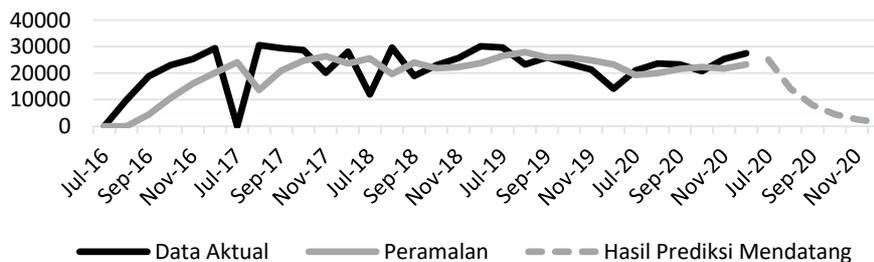
yang diperoleh dari hasil peramalan persediaan kopi robusta dalam periode 5 tahun terakhir yaitu 16.820 sedangkan nilai MSE yang didapatkan sebesar 502.614.476,1. Hasil peramalan mendatang untuk data persediaan kopi robusta pada bulan Juli – Desember 2021 masing – masing sebesar 50.508 kg, 51.329 kg, 52.177 kg, 53.053 kg, 53.958 kg, dan 54.892 kg.



Gambar 8. Grafik hasil peramalan persediaan

c. Simulasi model peramalan realisasi mutu

Berdasarkan grafik, terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara data realisasi dengan peramalan. Berikut beberapa Data peramalan pada bulan September 2016, Juli 2017, Agustus 2017, Juli 2018, berturut turut memiliki jumlah yang sama sebesar 4.335 kg, 24.179 kg, 13.627 kg, dan 25.601 kg . Sedangkan hasil dari data aktual berturut – turut sebesar 18.778 kg, 0 kg, 30.560 kg, dan 11.965 kg. Dari data tersebut penyimpangan yang cukup besar mempengaruhi error semakin besar pula. Nilai MAD yang diperoleh dari hasil peramalan realisasi mutu kopi robusta dalam periode 5 tahun terakhir yaitu 6.616, sedangkan nilai MSE yang didapatkan sebesar 73.363.251. Hasil peramalan mendatang untuk data persediaan kopi robusta pada bulan Juli – Desember 2021 masing – masing sebesar 25.121 kg, 14.157 kg, 7.978 kg, 4.496 kg, 2.534 kg, dan 1.428 kg.



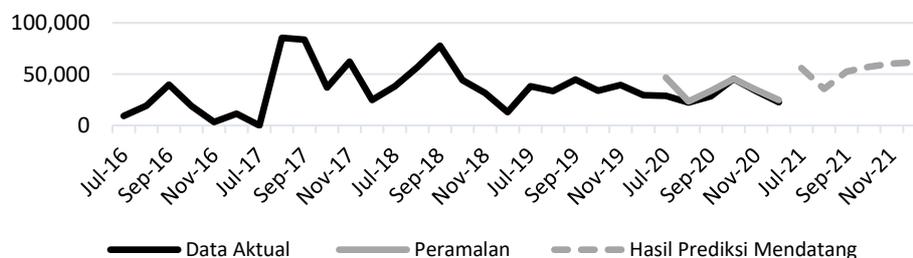
Gambar 9. Grafik Hasil Peramalan Realisasi Mutu

d. Hasil rencana produksi

Berdasarkan gambar 10, data hasil peramalan menggunakan metode fuzzy Tsukamoto pada periode Juli 2020 – Desember 2020 mendekati data aktual sehingga metode tersebut digunakan untuk rencana produksi periode selanjutnya yaitu pada bulan Juli 2021 hingga Desember 2021. Hasil rencana produksi biji kopi robusta untuk bulan Juli 2021 sebesar 55.945 kg, Agustus 2021 sebesar 35.614 kg, September 2021 sebesar 52.501 kg, Oktober 2021 sebesar 57.097 kg, November 2021 sebesar 60.477 kg, dan Desember 2021 sebesar 61.545 kg. Dari data yang dihasilkan menggunakan metode fuzzy Tsukamoto menunjukkan pola grafik berfluktuatif cenderung menurun disebabkan data

variabel sebagai input juga menurun. Maka dari itu, perusahaan dalam perencanaan produksinya perlu meningkatkan strategi untuk jumlah kapasitas produksi yang akan dihasilkan dengan mempertimbangkan faktor - faktor seperti halnya memenuhi permintaan dan meminimalkan dampak yang ditimbulkan seperti terjadinya *overstock* maupun *stockout* pada persediaan sehingga tidak merugikan perusahaan. Menurut Anugrahwaty & Azmi (2019) menyebutkan bahwa perencanaan produksi merupakan kegiatan untuk mendapatkan produk sesuai dengan sumber daya yang dimiliki pihak perusahaan yang disusun dengan tujuan mencapai target untuk memenuhi permintaan konsumen. Adapun beberapa pendapat yang dapat dilakukan dalam mencapai kapasitas produksi yang efisien yaitu mengendalikan persediaan pada saat kapasitas produksi dibawah permintaan. Kemudian persediaan tersebut dapat digunakan pada saat permintaan berada diatas kapasitas produksi.

Pihak perusahaan juga perlu mempertimbangkan faktor dalam meningkatkan realisasi mutu dengan cara perawatan untuk tanaman kopi seperti pemberantasan hama dan pemangkasan agar meningkatkan produktivitas kopi yang dihasilkan. Menurut Sianturi & Wachjar (2016) rendahnya produktivitas dan mutu kopi antara lain dapat disebabkan oleh serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Serangan OPT dapat menimbulkan kerugian secara ekonomis, baik kualitas maupun kuantitas. Serangan OPT tidak hanya pada tanaman dewasa melainkan juga pada pembibitan, kebun entres dan penyimpanan. Oleh karena itu, perlu adanya pengendalian misalnya melakukan pemangkasan. Pemangkasan sangat berguna untuk memudahkan pemungutan hasil (panen). Fungsi umumnya agar pohon tetap rendah sehingga mudah dalam perawatannya, membentuk cabang – cabang baru, mempermudah dalam pengendalian hama dan penyakit (Panggabean, 2017).



Gambar 10. Grafik Hasil Rencana Produksi

4. KESIMPULAN

Hasil prediksi jumlah produksi kopi robusta (*green bean*) menggunakan metode fuzzy Tsukamoto berdasarkan data permintaan, persediaan dan realisasi mutu di PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Silosanen 6 bulan terakhir (Juli – Desember 2021) menghasilkan nilai MAPE sebesar 11,9% sedangkan hasil dari metode fuzzy Mamdani sebesar 42,7% . Nilai MAPE dari metode fuzzy Tsukamoto dapat dikatakan “baik” karena berada di rentan nilai 10-20%. Sehingga, metode ini dapat dijadikan sebagai saran alternatif untuk perusahaan dalam merencanakan jumlah produksi untuk periode mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Silosanen yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrori, M., & Prihamayu, A. H. (2015). Aplikasi Logika Fuzzy Metode Mamdani Dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Produksi. *Kaunia*, *XI*(2), 91–99.
- Anugrahwaty, R., & Azmi, F. (2019). Analisis Prediksi Perencanaan Produksi dengan Fuzzy Logik Tsukamoto. *Sinkron - Jurnal & Penelitian Teknik Informatika*, *1*(2), 13–16.
- Apriyanti, N., & Aksad, H. (2012). “Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dalam Perencanaan Produksi Roti.” *STMIK Banjarbaru*, *9*(2), 885–898.
- Dirjetbun. (2018). Statistik Perkebunan Indonesia. Direktorat Jenderal Perkebunan, Departemen Pertanian. Jakarta
- Gofur, A. A., & Widiyanti, U. D. (2015). Sistem Peramalan Untuk Pengadaan Material Unit Injection Di Pt. Xyz. *Komputa : Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika*, *2*(2). <https://doi.org/10.34010/komputa.v2i2.86>
- Halimi, R., Anggraeni, W., & Tyasnurita, R. (2013). Pembuatan Aplikasi Peramalan Jumlah Permintaan Produk dengan Metode Time Series Eksponential Smoothing Holts Winter di PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. *Teknik Pomits*, *1*(1), 6.
- Haryati, S. (2019). Sistem Forecasting Perencanaan Produksi pada PD . Adi Anugrah “ Food Industry ” Tanjungpinang dengan Metode Single Exponential Smoothing. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, *3*(2), 9.
- International Coffe Organization (ICO). (2019) *World Coffe Consumption for 2019/2020*. <http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>
- Kusumadewi, S., & Purnomo, E. (2013). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Sistem Pendukung Keputusan* (Edisi Pertama). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mulyanto, A., & Haris, A. (2016). Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Menentukan Jumlah Jam Overtime Pada Produksi Barang di PT Asahi Best Base Indonesia (ABBI) Bekasi Abstrak. *Informatika SIMANTIK*, *1*(1), 1–11. <http://jurnal.stmikcikarang.ac.id/index.php/Simantik/article/viewFile/1/1>
- Pangabeian, E. (2017). *Buku Pintar Kopi*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Priyo, W. T. (2017). Penerapan Logika Fuzzy Dalam Optimasi. *Jurnal Ilmiah : SoulMath*, *5*(1), 14–21.
- Samosir, R., Iryanto, I., & Siregar, R. (2013). Perbandingan Produksi Kopi Optimum Antara Metode Fuzzy – Mamdani Dengan Fuzzy – Sugeno pada PT XYZ. *Saintia Matematika*, *1*(6), 517–527. <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/smatematika/article/view/4160>
- Pasaribu, S.N., Tata Hardinata, J., Qurniawan, H., Tunas Bangsa Pematangsiantar, S., Sumatra, N., & Sudirman Blok No, J. A. (2021). Application of The Fuzzy Tsukamoto Method in Determining Household Industry Products. *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications Websites*, *1*(1). <https://ioinformatic.org/>
- Sianturi, V, F., & Wachjar, A. (2016). Pengelolaan Pemangkasan Tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) di Kebun Blawan, Bondowoso, Jawa Timur. *Buletin Agrohorti*, *4*(3), 266–274.

-
- Tundo, T., & Sela, E. I. (2018). Application of The Fuzzy Inference System Method to Predict The Number of Weaving Fabric Production. *IJID (International Journal on Informatics for Development)*, 7(1), 19. <https://doi.org/10.14421/ijid.2018.07105>
- Wawan, W., Zuniati, M., & Setiawan, A. (2021). Optimization of National Rice Production with Fuzzy Logic using Mamdani Method. *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*, 1(1), 36. <https://doi.org/10.1038/s41415-021-3384-2>
- Wibowo, Y., Maulida, Y. R., & Purnomo, B. H. (2019). Rencana Produksi Olahan Kopi Di Perusahaan Daerah Perkebunan (Pdp) Kahyangan Jember Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Agrointek*, 13(1), 61. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v13i1.4875>