

## PREDIKSI PRODUKSI MINYAK KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO DENGAN RULE YANG TERBENTUK MENGGUNAKAN DECISION TREE REPTREE

Tundo

Program Magister Informatika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta  
Yogyakarta, Indonesia

e-mail: asna8mujahid@gmail.com

### Abstrak

Prediksi produksi minyak kelapa sawit menggunakan metode *fuzzy Tsukamoto* dengan *rule* yang terbentuk menggunakan *decision tree* REPTree adalah untuk mempercepat dalam pembuatan *rule* yang digunakan tanpa harus berkonsultasi dengan para pakar. Hasil dari analisis penelitian, ditemukan kesimpulan: (1) Model basis aturan dalam penelitian ini berupa pohon keputusan yang dapat digunakan untuk *Fuzzy Inference System Tsukamoto* dengan keakuratan 90,4762%, (2) *Rule* yang terbentuk sebanyak 5 *rule* dengan waktu 0 detik, (3) Hasil analisis secara langsung dengan data yang sesungguhnya pada bulan April, Mei, Juni, Juli, Agustus, dan September tahun 2019 mengatakan bahwa hasil tingkat *error* sebesar 23,17% dengan menggunakan metode *error Average Forecasting Error Rate (AFER)*, sehingga akurasi kebenarannya adalah 76,83% pada prediksi jumlah produksi minyak kelapa sawit.

**Kata kunci:** Logika Fuzzy, *Fuzzy Inference System Tsukamoto*, *Decision Tree* REPTree, Kelapa Sawit

### Abstract

*Prediction of palm oil production using the Tsukamoto fuzzy method with the rules formed using REPTree decision tree is to speed up the making of the rules used without having to consult with experts. The results of the research analysis found the following conclusions: (1) The rule base model in this study is a decision tree that can be used for Tsukamoto's Fuzzy Inference System with an accuracy of 95.2381%, (2) Rule formed by 5 rules with a time of 0 seconds, (3) The results of direct analysis with real data in April, May, June, July, August, and September 2019 said that the error rate was 23.17% using the Average Forecasting Error Rate (AFER) error method, so the accuracy accuracy is 76.83% on the prediction of the amount of palm oil production.*

**Keywords :** Fuzzy Logic, *Fuzzy Inference System Tsukamoto*, *Decision Tree* REPTree, Palm Oil

### PENDAHULUAN

Produksi adalah suatu kegiatan yang dikerjakan untuk menambah nilai guna suatu benda sehingga lebih bermanfaat untuk memenuhi kebutuhan orang banyak [1]. Dalam perusahaan besar proses produksi adalah hal yang selalu diperhatikan karena kunci utama pengusaha untuk menentukan kualitas

produk yang dihasilkan adalah dari produksi yang dihasilkan [2], setelah mengetahui kualitas produksi dari produk yang dihasilkan tahap selanjutnya yaitu dapat memperkirakan produksi yang dihasilkan berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi proses produksi. Penelitian ini, membahas tentang produksi minyak kelapa sawit yang dipengaruhi oleh faktor

banyaknya minyak kelapa sawit dalam satuan kilogram, permintaan konsumen dalam satuan liter, dan persediaan minyak kelapa sawit yang tersedia dalam satuan liter. Manfaat dari prediksi produksi pada suatu perusahaan antara lain dapat memperkirakan jumlah produksi yang terbentuk berdasarkan faktor yang dipengaruhi, mempermudah perencanaan hasil keuntungan yang akan diperoleh, serta dalam jangka kedepan akan sangat berguna ketika proses produksi mengalami peningkatan yang signifikan karena dapat membantu menangani prediksi produksi minyak kelapa sawit di PT Tapan Nadenggan sebelum proses produksi tersebut menjadi bahan matang yang siap untuk dikonsumsi.

Banyak metode yang dapat menangani proses prediksi dalam menentukan jumlah produksi minyak kelapa sawit diantaranya adalah metode *fuzzy*. Metode *fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy tsukamoto* dengan menggunakan *decision tree* REPTree. Tujuan dari *decision tree* REPTree adalah untuk membuat *rule* secara otomatis dari data yang ada, tanpa harus berkonsultasi dengan ahli pakar untuk membuat *rule* yang sesuai dengan faktor yang mempengaruhi proses produksi minyak kelapa sawit [3], serta sebagai bahan pengetahuan untuk mengetahui dari *decision tree* tersebut, mana yang layak digunakan untuk menentukan prediksi produksi minyak kelapa sawit dengan menggunakan metode *fuzzy tsukamoto*. Selain itu, *decision tree* REPTree akan memunculkan akurasi prosentasi nilai kebenaran dan kesalahan dari data yang diproses menggunakan *tools* WEKA.

Permasalahan produksi dalam suatu perusahaan dapat diselesaikan menggunakan berbagai metode, salah satunya adalah *Fuzzy Inference System*. *Fuzzy Inference System* telah digunakan dalam [4] untuk memprediksi jumlah produksi kain tenun dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System Tsukamoto* dan *Sugeno* dengan *rule* yang dibentuk menggunakan *decision tree* J48.

Penelitian tersebut membahas bagaimana *Fuzzy Inference System Tsukamoto* dan *Sugeno* dengan *rule* yang digunakan dari *decision tree* C4.5 dapat menentukan jumlah produksi kain tenun dengan akurasi 83,333%, dipengaruhi oleh faktor persediaan biaya produksi, permintaan dan jumlah stok. Hasil dari aplikasi memberikan perkiraan prediksi jumlah produksi kain tenun yang mendekati dengan produksi sesungguhnya adalah metode *Fuzzy Inference System Tsukamoto*.

Pada penelitian yang lain, *Fuzzy Inference System* digunakan untuk membantu siswa menentukan jurusan yang paling utama dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System Mamdani* dengan *rule* yang dibentuk menggunakan *decision tree* C4.5. Penelitian tersebut membahas bagaimana *Fuzzy Inference System Mamdani* dengan *rule* yang digunakan dari *decision tree* C 4.5 dapat memberikan alternatif jurusan dengan akurasi 86,51%, dipengaruhi oleh faktor nilai mata kuliah yang sudah diambil. Jurusan yang tersedia yaitu, Multimedia, WEB, dan Programming [5].

Berikutnya penelitian yang serupa, *Fuzzy Inference System* telah digunakan dalam [6] untuk memprediksi jumlah pendaftar mahasiswa baru dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System Mamdani, Tsukamoto* dan *Sugeno* dengan *rule* yang dibentuk menggunakan ahli pakar. Penelitian tersebut membahas bagaimana *Fuzzy Inference System Mamdani, Tsukamoto* dan *Sugeno* dengan *rule* yang digunakan dari ahli pakar dapat menentukan prediksi jumlah pendaftar mahasiswa baru, dipengaruhi oleh faktor jumlah mahasiswa diterima atau lulus, dan jumlah mahasiswa registrasi. Hasil dari aplikasi memberikan perkiraan prediksi jumlah pendaftar mahasiswa baru untuk

metode *Fuzzy Inference System Mamdani Inference System Tsukamoto* memiliki tingkat *error* 39,03%, dan *Fuzzy Inference System Sugeno* memiliki tingkat *error* 86,41%. Berarti metode yang tepat untuk digunakan adalah *Fuzzy Inference System Mamdani* dengan tingkat *error* paling kecil.

Walaupun telah banyak diterapkan dalam penentuan prediksi produksi, *Fuzzy Inference System* dapat menghasilkan solusi yang tidak layak jika *rule* yang digunakan asal atau tanpa sepengetahuan para pakar [7]. Selain itu *Fuzzy Inference System* sangat dipengaruhi oleh model aturan yang dibuat.

Di sisi lain, *decision tree* REPTree adalah teknik membuat suatu pohon keputusan dengan cara pemangkasan dari *tree* J48 kemudian dipangkas kembali dari belakang dengan menggunakan teknik REP (*Reduce Error Pruning*), serta dapat dibuktikan dengan akurasi dari hasil pohon keputusan yang terbentuk sehingga sangat memungkinkan digunakan untuk membuat suatu *rule* tanpa harus berkonsultasi dengan pakar [8].

Pada penelitian ini, *decision tree* REPTree digunakan untuk membuat *rule* dengan bantuan *tools* WEKA untuk memprediksi jumlah produksi minyak kelapa sawit dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System Tsukamoto*. Data yang digunakan meliputi banyaknya kelapa sawit, permintaan, persediaan dan produksi dalam periode bulan. *Decision tree* REPTree dengan menggunakan *Fuzzy Inference System Tsukamoto* diharapkan dapat menghasilkan prediksi produksi minyak kelapa sawit yang mendekati dari data produksi sesungguhnya.

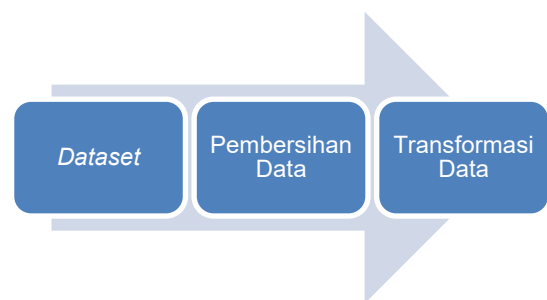
## METODE

memiliki tingkat *error* 19,76%, lalu *Fuzzy*

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### A. Pembuatan *Rule Decision Tree* REPTree

Proses pembuatan *rule decision tree* REPTree menggunakan data dari PT Tapian Nadenggan dari bulan Januari tahun 2014 sampai dengan bulan Maret tahun 2019. Berikut proses yang harus dilakukan dalam membuat *rule decision tree* REPTree:



Gambar 1. Proses Pembuatan *Rule Decision Tree* REPTree

#### 1. *Dataset*

*Dataset* adalah pengumpulan data keseluruhan yang kemudian akan digunakan dalam menentukan pembentukan pohon keputusan *decision tree* REPTree dengan menggunakan *tools* WEKA. *Dataset* terdiri dari parameter bulan, tahun, kelapa sawit dalam satuan kilogram, permintaan dalam satuan liter, persediaan dalam satuan liter, dan produksi dalam satuan liter. Jumlah *Dataset* yang ada sebanyak 70 data, dimana 63 data digunakan untuk data training dalam pembentukan *rule* dan 7 data digunakan untuk data uji.

#### 2. Pembersihan Data

Pembersihan Data adalah proses melakukan seleksi data yang diperlukan, yakni ambil data yang diperlukan untuk membentuk pohon keputusan *decision tree* REPTree. Data yang diperlukan untuk

membentuk pohon keputusan tersebut, yaitu kelapa sawit, permintaan, persediaan, dan produksi.

### 3. Transformasi Data

Tranformasi Data adalah proses melakukan perubahan data dari data numerik menjadi himpunan *fuzzy* [9]. Langkah melakukan transformasi data adalah merubah parameter *output* produksi, yang awalnya bernilai numerik dirubah kedalam bentuk nilai himpunan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* untuk kriteria produksi diklasifikasikan menjadi himpunan sedikit, sedang, dan banyak. Tujuan diklasifikasikan menjadi himpunan *fuzzy* untuk mendapatkan klasifikasi dari masing masing kriteria yakni berupa nilai batasan [10]. Nilai batasan tersebut yang akan menentukan nilai tergolong dalam himpunan *fuzzy* sedikit, sedang, atau banyak. Cara mudah untuk melakukan klasifikasi dengan mengambil nilai minimal, titik tengah, dan nilai maksimal dari kriteria produksi, lalu dari nilai minimal sampai mendekati titik tengah asumsikan klasifikasi sedikit, dari mendekati titik tengah sampai mendekati nilai maksimal asumsikan klasifikasi sedang, kemudian dari mendekati nilai maksimal sampai ke nilai maksimal asumsikan klasifikasi banyak, setelah itu hasil nilai batasan diperoleh seperti Tabel 1. Batasan Nilai Kriteria berikut ini:

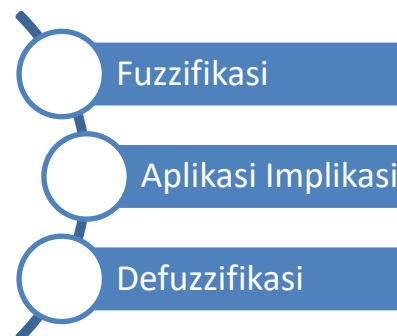
Tabel 1. Batasan Nilai Kriteria

Kriteria	Himpunan Fuzzy	Nilai Batasan
Permintaan (Liter)	Sedikit	$\leq 4.400.000$
	Sedang	$4.401.000 - 8.460.00$
	Banyak	Lebih dari $8.460.00$

Kelapa sawit (KG)	Sedikit	$\leq 20.116.300$
	Banyak	Lebih dari $20.116.300$
Persediaan (Liter)	Sedikit	$\leq 1.923.080$
	Sedang	$1.923.081-2.136.750$
	Banyak	Lebih dari $2.136.750$

### B. Implementasi Fuzzy Tsukamoto

Implementasi *fuzzy Tsukamoto* dilakukan setelah pembuatan *rule decision tree* REPTree terbentuk. Proses yang harus dilakukan dalam metode *fuzzy Tsukamoto* adalah:



Gambar 2. Proses Fuzzy Tsukamoto

#### 1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan tahap pemetaan nilai masukan berupa nilai tegas (*crisp data*) yang diubah ke dalam bentuk nilai masukan *fuzzy* yang berupa derajat keanggotaan atau tingkat kebenaran[11].

Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum melakukan proses fuzzifikasi adalah menentukan himpunan *fuzzy* dari setiap kriteria, domain, dan representasi kurva dari setiap kriteria. Berikut model aturan dari setiap kriteria, tampak pada Tabel 2. Model Aturan Kriteria berikut ini:

Tabel 2. Model Aturan Kriteria

Parameter	Kriteria	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain	Representasi Kurva
	Kelapa Sawit (Kg)	Sedikit	16.572.300 - 30.036.150	Linier Turun, Segitiga, Linier Naik
		Sedang	16.572.300 - 43.500.000	
		Banyak	30.036.150 - 43.500.000	
<i>Input</i>	Permintaan (Liter)	Sedikit	3.153.333 - 11.036.666,5	Linier Turun, Segitiga, Linier Naik
		Sedang	3.153.333 - 18.920.000	
		Banyak	11.036.666,5 - 18.920.000	
	Persediaan (Liter)	Sedikit	833.333 - 2.916.666,5	Linier Turun, Segitiga, Linier Naik
		Sedang	833.333 - 5.000.000	
		Banyak	2.916.666,5 - 5.000.000	
<i>Output</i>	Produksi (Liter)	Sedikit	6.000.000 - 12.900.000	Linier Turun, Segitiga, Linier Naik
		Sedang	6.000.000 - 19.800.000	
		Banyak	12.900.000 - 19.800.000	

Berdasarkan Tabel 2. Model Aturan Kriteria, maka untuk mencari nilai fuzifikasi berupa derajat keanggotaan untuk setiap kriteria menggunakan persamaan berikut:

$$\mu_{Linier\_Turun}(x) \begin{cases} 0 & x \geq b \\ \frac{b-x}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & x \leq a \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{Segitiga}(x) \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & , b < x \leq c \\ 1 & x = b \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{Linier\_Naik}(x) \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ 1 & x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

## 2. Aplikasi Implikasi

Aplikasi Implikasi berbentuk aturan IF....THEN terbentuk menggunakan *decision tree* REPTree, kemudian menentukan himpunan operasi AND yang berbentuk IF....THEN..... dengan menggunakan persamaan:

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (4)$$

## 3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi (tahap penegasan) merupakan tahap dimana dilakukan transformasi hasil dari penarikan kesimpulan pada *fuzzy inference system Tsukamoto* menjadi *output* berupa nilai crisp atau nilai tegas dengan menggunakan proses *Weighted Average Method* [12]:

$$Z = \frac{\sum(\alpha * z)}{\sum \alpha} \quad (5)$$

### C. Hasil perbandingan

Membandingkan antara *decision tree REPTree* menggunakan metode *fuzzy Tsukamoto* dengan metode *error Average Forecasting Error Rate (AFER)* untuk mengetahui tingkat *error* dari prediksi produksi minyak kelapa sawit dengan produksi sesungguhnya di PT Tapian Nadenggan[13].

$$AFER = \frac{\sum \left( \frac{|A_i - F_i|}{A_i} \right)}{n} \times 100 \% \quad (6)$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah contoh perhitungan prediksi produksi minyak kelapa sawit di PT Tapian Nadenggan dengan data sebagai berikut :

Kelapa sawit Minimum: 16.572.300 Kg

Kelapa sawit Maksimum: 43.500.000 Kg

Permintaan Minimum : 3.153.333 Liter

Permintaan Maksimum: 18.920.000 Liter

Persediaan Minimum : 833.333 Liter

Persediaan Maksimum: 5.000.000 Liter

Produksi Minimum : 6.000.000 Liter

Produksi Maksimum : 19.800.000 Liter

Semisal pada bulan April Tahun 2019, diketahui Banyaknya kelapa sawit saat ini: 25.184.500 Kg, Permintaan saat ini:

14.231.000 Liter, Persediaan saat ini: 2.821.000 Liter. Ditanyakan berapakah produksi minyak kelapa sawit yang dapat diproduksi ?

Dalam menjawab contoh perhitungan prediksi produksi minyak kelapa sawit di PT Tapian Nadenggan pada bulan April, tahun 2019 adalah membentuk *rule* yang terbentuk menggunakan *decision tree REPTree* terlebih dahulu, dengan cara seperti berikut ini:

#### Langkah 1:

Pembentukan *rule decision tree REPTree* dilakukan dengan bantuan *tools WEKA* dengan *generate dataset* yang telah dilakukan transformasi data, sehingga menghasilkan informasi seperti pada Tabel 3. *Classifier Output REPTree* berikut ini:

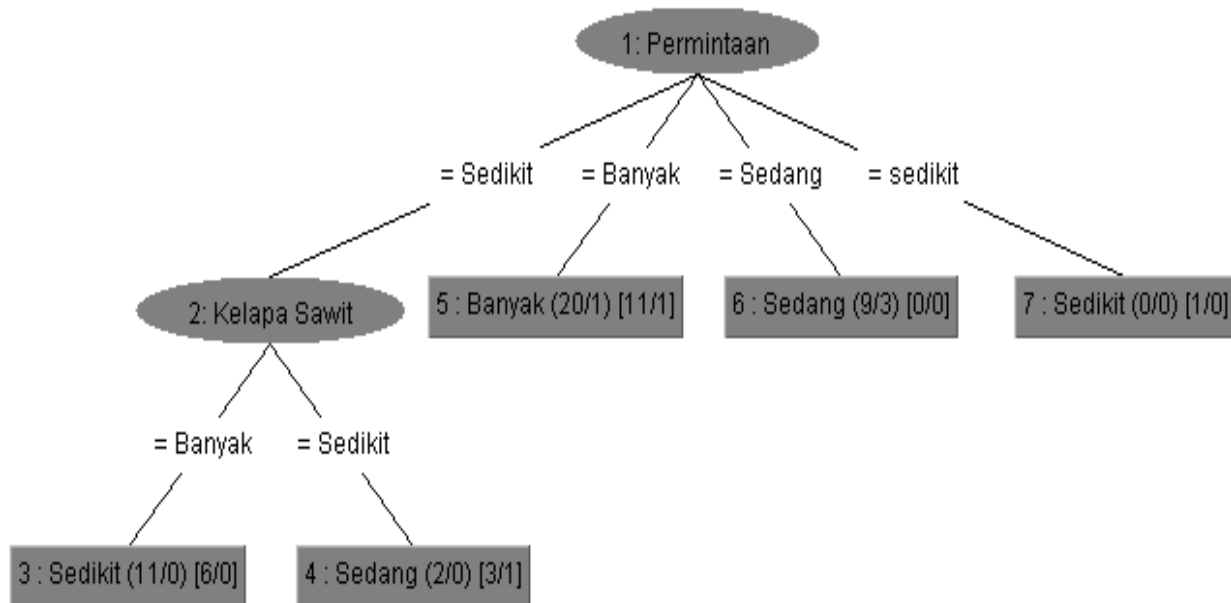
Tabel 3. *Classifier Output REPTree*

Informasi	Akurasi
<i>Correctly Classified</i>	90,4762%
<i>Incorrectly Classified</i>	9,5238%
<i>Kappa Statistic</i>	0,8489
<i>Mean Absolute Error</i>	0,0995
<i>Root Mean Squared Error</i>	0,2231
<i>Relative Absolute Error</i>	23,8412%
<i>Root Relative Squared Error</i>	48,8992%

Berdasarkan Tabel 3. *Classifier Output REPTree* dapat diketahui bahwa data yang dimasukan sebanyak 63, yang benar dalam klasifikasi sebanyak 57 dan klasifikasi yang salah sebanyak 6. Tingkat keakuratan kebenaran klasifikasi yaitu 90,4762%,

karena mendekati 100% maka pohon keputusan ini layak untuk digunakan [14].

Berikut hasil Pembentukan *decision tree* REPTree yang terbentuk:



Gambar 3. Pembentukan *Decision Tree* REPTree

Berdasarkan Gambar 3. Pembentukan *Decision Tree* REPTree, maka *rule* yang terbentuk sebanyak 5 *rule*, seperti terlihat pada Tabel 4. *Rule* REPTree berikut ini:

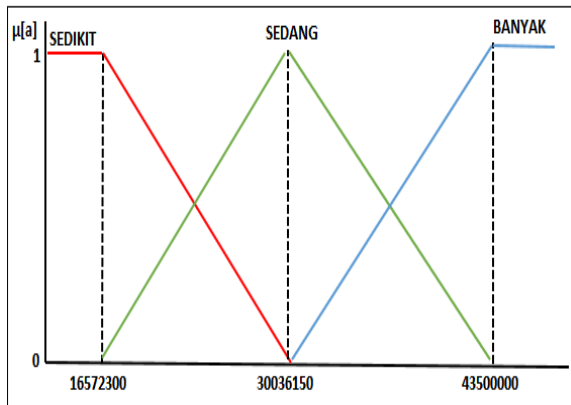
Tabel 4. *Rule* REPTree

Rule	Kondisi
R1	IF Permintaan Sedikit AND Kelapa sawit Banyak THEN Produksi Sedikit
R2	IF Permintaan Sedikit AND Kelapa sawit Sedikit THEN Produksi Sedang
R3	IF Permintaan Banyak THEN Produksi Banyak
R4	IF Permintaan Sedang THEN Produksi Sedang
R5	IF Permintaan Sedikit THEN Produksi Sedikit

### Langkah 2:

Membuat pemodelan *fuzzy* untuk setiap kriteria dengan menggunakan kurva linier naik, turun, dan segitiga. Pada kasus ini, ada 4 variabel yang akan dimodelkan, yaitu:

Kelapa sawit (a), terdiri atas 3 himpunan *fuzzy*, yaitu Sedikit, Sedang, dan Banyak. Berdasarkan dari Tabel. 6 Model Aturan Kriteria, maka model fungsi keanggotaan kelapa sawit digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4. Kurva Kelapa sawit (Bulan)

$$\mu_{\text{kelapasawit\_sedikit}}[a]: \begin{cases} 0 & a \geq 30036150 \\ \frac{30036150 - a}{30036150 - 16572300}, & 16572300 \leq a \leq 30036150 \\ 1 & a \leq 16572300 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{kelapasawit\_sedang}}[a]: \begin{cases} 0 & a \leq 16572300 \text{ atau } a \geq 43500000 \\ \frac{a - 16572300}{30036150 - 16572300}, & 16572300 \leq a < 30036150 \\ \frac{43500000 - a}{43500000 - 30036150}, & 30036150 < a \leq 43500000 \\ 1 & a = 30036150 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{kelapasawit\_banyak}}[a]: \begin{cases} 0 & a \leq 30036150 \\ \frac{a - 30036150}{43500000 - 30036150}, & 30036150 \leq a \leq 43500000 \\ 1 & a \geq 43500000 \end{cases}$$

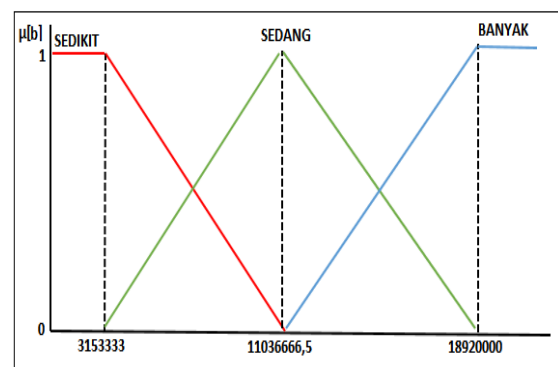
Jika diketahui banyaknya kelapa sawit sebanyak 25.184.500 Kg, maka:

$$\mu_{\text{kelapasawit-sedikit}}[25184500] = \frac{30036150 - 25184500}{13463850} = 0,36034641$$

$$\mu_{\text{kelapasawit-sedang}}[25184500] = \frac{25184500 - 16572300}{13463850} = 0,63965359$$

$$\mu_{\text{kelapasawit-banyak}}[25184500] = 0$$

Permintaan (b), terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu Sedikit, Sedang, dan Banyak. Fungsi keanggotaan permintaan dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 5. Kurva Permintaan (Bulan)

$$\mu_{\text{permintaan\_sedikit}}[b]: \begin{cases} 0 & b \geq 11036666,5 \\ \frac{11036666,5 - b}{11036666,5 - 3153333}, & 3153333 \leq b \leq 11036666,5 \\ 1 & b \leq 3153333 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{permintaan\_sedang}}[b]: \begin{cases} 0 & b \leq 3153333 \text{ atau } b \geq 18920000 \\ \frac{b - 3153333}{11036666,5 - 3153333}, & 3153333 \leq b < 11036666,5 \\ \frac{18920000 - b}{18920000 - 11036666,5}, & 11036666,5 < b \leq 18920000 \\ 1 & b = 11036666,5 \end{cases}$$

$\mu_{\text{permintaan\_banyak}}[b]:$

$$\begin{cases} 0 & b \leq 11036666,5 \\ \frac{b - 11036666,5}{18920000 - 11036666,5}, & 11036666,5 \leq b \leq 18920000 \\ 1 & b \geq 18920000 \end{cases}$$



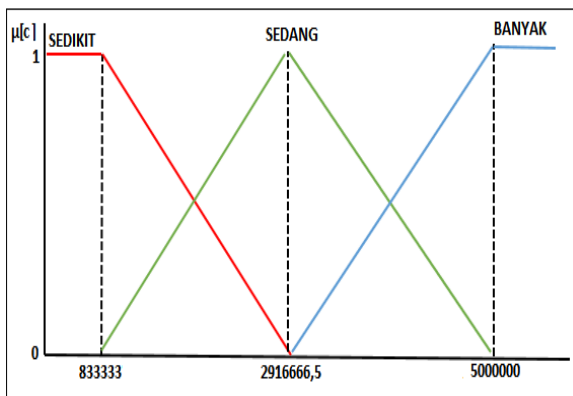
Jika diketahui banyaknya permintaan sebanyak 14.231.000 Liter, maka:

$$\mu_{\text{permintaan-sedikit}}[14231000] = 0$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{permintaan-sedang}}[14231000] &= \frac{18920000 - 14231000}{7883333.5} \\ &= 0,59479914 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{permintaan-banyak}}[14231000] &= \frac{14231000 - 11036666.5}{7883333.5} \\ &= 0,40520086 \end{aligned}$$

Persediaan (c), terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu Sedikit, Sedang, dan Banyak. Fungsi keanggotaan persediaan dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 6. Kurva Persediaan (Bulan)

$$\mu_{\text{persediaan-sedikit}}[c]:$$

$$\begin{cases} 0 & c \geq 2916666.5 \\ \frac{2916666.5 - c}{2916666.5 - 833333} & 833333 \leq c \leq 2916666.5 \\ 1 & c \leq 833333 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{persediaan-sedang}}[c]:$$

$$\begin{cases} 0 & c \leq 833333 \text{ atau } c \geq 5000000 \\ \frac{c - 833333}{2916666.5 - 833333} & 833333 \leq c \leq 2916666.5 \\ \frac{5000000 - c}{5000000 - 2916666.5} & 2916666.5 \leq c \leq 5000000 \\ 1 & c = 2916666.5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{persediaan-banyak}}[c]:$$

$$\begin{cases} 0 & c \leq 2916666.5 \\ \frac{c - 2916666.5}{5000000 - 2916666.5} & 2916666.5 \leq c \leq 5000000 \\ 1 & c \geq 5000000 \end{cases}$$

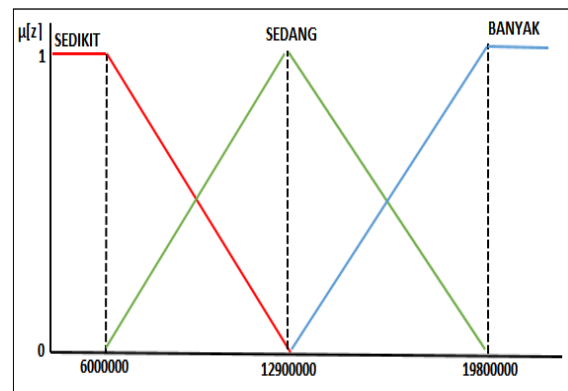
Jika diketahui banyaknya persediaan sebanyak 2.821.000 Liter, maka:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{persediaan-sedikit}}[2821000] &= \frac{2916666.5 - 2821000}{2083333.5} \\ &= 0,04591992 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{persediaan-sedang}}[2821000] &= \frac{2821000 - 833333}{2083333.5} \\ &= 0,95408008 \end{aligned}$$

$$\mu_{\text{persediaan-banyak}}[2821000] = 0$$

Produksi (z), terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu Sedikit, Sedang, dan Banyak. Fungsi keanggotaan produksi dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 7. Kurva Produksi (Bulan)

$$\mu_{\text{produksi-sedikit}}[z]:$$

$$\begin{cases} 0 & z \geq 1290000 \\ \frac{1290000 - z}{1290000 - 600000} & 600000 \leq z \leq 1290000 \\ 1 & z \leq 600000 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{produksi-sedang}}[z]:$$

$$\begin{cases} 0 & z \leq 6000000 \text{ atau } z \geq 19800000 \\ \frac{z - 6000000}{12900000 - 6000000} & 6000000 \leq z \leq 12900000 \\ \frac{19800000 - z}{19800000 - 12900000} & 12900000 \leq z \leq 19800000 \\ 1 & z = 12900000 \end{cases}$$

$\mu_{\text{produksi\_banyak}}[z]:$

$$\begin{cases} 0 & z \leq 12900000 \\ \frac{z - 12900000}{19800000 - 12900000} & 12900000 \leq z \leq 19800000 \\ 1 & z \geq 19800000 \end{cases}$$

### Langkah 3:

Aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN, digunakan untuk mencari nilai z pada setiap aturan, dimana aturan yang terbentuk menggunakan *decision tree* REPTree:

R1: IF Permintaan Sedikit AND Kelapa sawit Banyak THEN Produksi Sedikit

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \min(0; 0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Dalam R1, THEN Produksi Sedikit, maka menggunakan fungsi keanggotaan produksi sedikit seperti berikut:

$$\frac{12900000 - z}{12900000 - 6000000} = 0$$

$$Z_1 = 12900000$$

R2: IF Permintaan Sedikit AND Kelapa sawit Sedikit THEN Produksi Sedang

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \min(0; 0,36034641) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Dalam R2, THEN Produksi Sedang, maka menggunakan fungsi keanggotaan produksi sedang seperti berikut:

$$\frac{z - 6000000}{12900000 - 6000000} = 0$$

$$Z_2 = 6000000$$

$$\frac{19800000 - z}{19800000 - 12900000} = 0$$

$$Z_3 = 19800000$$

R3: IF Permintaan Banyak THEN Produksi Banyak

$$\alpha_3 = 0,405200$$

Dalam R3, THEN Produksi Banyak, maka menggunakan fungsi keanggotaan produksi banyak seperti berikut:

$$\frac{z - 12900000}{19800000 - 12900000} = 0,405200$$

$$Z_4 = 15695885,922$$

R4: IF Permintaan Sedang THEN Produksi Sedang

$$\alpha_4 = 0,59479914$$

Dalam R4, THEN Produksi Sedang, maka menggunakan fungsi keanggotaan produksi sedang seperti berikut:

$$\frac{z - 6000000}{12900000 - 6000000} = 0,59479914$$

$$Z_5 = 10104114,0781$$

$$\frac{19800000 - z}{19800000 - 12900000} = 0,59479914$$

$$Z_6 = 15695885,9219$$

R5: IF Permintaan Sedikit THEN Produksi Sedikit

$$\alpha_5 = 0$$

Dalam R5, THEN Produksi Sedikit, maka menggunakan fungsi keanggotaan produksi sedikit seperti berikut:

$$\frac{12900000-z}{12900000-6000000} = 0$$

$$\approx 21.705.804 \text{ Liter}$$

$$Z_7 = 12900000$$

#### Langkah 4:

Hasil atau *output* diperoleh dengan menggunakan *defuzzification* rata-rata terbobot yaitu:

$$Z = \frac{\sum(\alpha * z)}{\sum\alpha}$$

$$z = \frac{21705804,3038}{1}$$

$$= 21705804,3038$$

Jadi jumlah produksi minyak kelapa sawit yang harus diproduksi oleh Perusahaan PT Tapian Nadenggan pada bulan April 2019 adalah sebanyak 21.705.804 Liter.

#### Analisis Hasil Perbandingan

Analisis hasil perbandingan prediksi produksi minyak kelapa sawit di uji menggunakan akurasi metode *error Average Forecasting Error Rate (AFER)*. Data yang di uji adalah bulan April, Mei, Juni, Juli, Agustus, dan September tahun 2019. Didapatkan hasil seperti berikut:

Tabel 5. Data Uji Hasil Prediksi Produksi

Bulan	Tahun	Produksi Riil (A)	Prediksi (F)	A - F	A-F /A
April	2019	16972000	21705804	4733804	0,2789
Mei	2019	16170000	21940577	5770577	0,3569
Juni	2019	22350000	21658814	691186	0,0309
Juli	2019	19275000	22081504	2806504	0,1456
Agustus	2019	18432800	23030871	4598071	0,2495
September	2019	18876000	25075480	6199480	0,3284
			Rata-rata		0,2317
			Dalam %		23,17%

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai AFER dengan metode *Tsukamoto* menggunakan *rule* yang terbentuk dari REPTree sebesar 23,17% sehingga akurasi kebenaran yang dihasilkan sebesar 76,83%.

#### KESIMPULAN

*Decision tree* REPTree dapat digunakan untuk membentuk basis aturan dalam memprediksi jumlah produksi minyak kelapa sawit dengan keakuratan 90,4762%, dengan *rule* yang terbentuk sebanyak 7

aturan dengan waktu 0 detik, berdasarkan hasil analisis perbandingan secara langsung dengan data yang sesungguhnya pada bulan April, Mei, Juni, Juli, Agustus, dan September tahun 2019 mengatakan bahwa tingkat *error* yang didapatkan sebesar 23,17%, maka akurasi kebenaran yang dihasilkan sebanyak 76,83%, sehingga ditemukan suatu solusi bahwa *rule* dapat dibuat dengan menggunakan *decision tree*, tanpa harus berkonsultasi dengan ahli pakar untuk menentukan

aturan yang sesuai berdasarkan kasus yang dilakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Wardani, Y. Novia Nasution, F. Deny, and T. Amijaya, "Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Mengoptimalkan Produksi Minyak Kelapa Sawit Di Pt. Waru Kaltim Plantation Menggunakan Metode Mamdani," vol. 12, no. 2, pp. 1858–4853, 2017.
- [2] A. Juliansyah, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Memprediksi Hasil Produksi Kelapa Sawit ( Studi Kasus :," *Pelita Inform. Budi Darma*, vol. 9, no. 3, pp. 130–137, 2015.
- [3] Anita Chaware<sup>1</sup>, "ID3 Derived Fuzzy Rules for Predicting the Students Acedemic Performance," *IOSR J. Comput. Eng.*, vol. 16, no. 6, pp. 53–60, 2014.
- [4] Tundo and E. I. Sela, "APPLICATION OF THE FUZZY INFERENCE SYSTEM METHOD TO PREDICT," *Int. J. Informatics Dev.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2018.
- [5] Harsiti, T. A. Munandar, and H. T. Sigit, "Implementation Of Fuzzy-C4.5 Classification As a Decision Support For Students Choice Of Major Specialization," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 2, no. 11, pp. 1577–1581, 2013.
- [6] M. Irfan, L. P. Ayuningtias, and J. Jumadi, "Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani ( Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Sunan Gunung Djati Bandung)," *J. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 1, pp. 9–16, 2018.
- [7] S. D. P. Mustika Sari, H. Ginardi, and C. Fatichah, "Penentuan Harga dengan Menggunakan Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto Pada Rancang Bangun Aplikasi 'Finding-Tutor,'" *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [8] A. K. Samal, S. K. Pani, and J. Pramanik, "Comparative Study of J48 , AD Tree , REP Tree and BF Tree Data Mining Algorithms through Colon Tumour Dataset," vol. 4, no. 03, pp. 2103–2105, 2016.
- [9] M. Herawati, I. Mukhlash, and I. L. Wibowo, "PREDIKSI CUSTOMER CHURN MENGGUNAKAN ALGORITMA FUZZY ITERATIVE DICHOTOMISER 3," *J.Math.and Its Appl*, vol. 13, no. 1, pp. 23–36, 2016.
- [10] E. I. Sela, S. Hartati, A. Harjoko, R. Wardoyo, and M. Mudjosemedi, "Feature selection of the combination of porous trabecular with anthropometric features for osteoporosis screening," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 78–83, 2015.
- [11] I. Wahyuni, W. F. Mahmudy, and A. Iriany, "Rainfall prediction in Tengger region Indonesia using Tsukamoto fuzzy inference system," in 2016 1st International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE), pp. 130–135, 2016.
- [12] Fanoeel Thamrin, "STUDI INFERENSI FUZZY TSUKAMOTO UNTUK PENENTUAN FAKTOR PEMBEBANAN TRAFKO PLN," UNIVERSITAS DIPONEGORO,

SEMARANG, 2012.

- [13] T. A. Jilani, S. M. A. Burney, C. Ardil, "Fuzzy Metric Approach for Fuzzy Time Series Forecasting based on Frequency Density Based Partitioning," *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and technology*, vol. 23, pp.333-338, 2007.
  
- [14] J. Ali, R. Khan, N. Ahmad, and I. Maqsood, "Random Forests and Decision Trees," *Int. J. Comput. Sci. Issues*, vol. 9, no. 5, pp. 272–278, 2012.