

KINERJA LOGIKA FUZZY SUGENO DALAM MENANGANI PREDIKSI KAIN TENUN DENGAN KOMBINASI RANDOM TREE DALAM MEMBANGUN RULE

Tundo

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

email: asna8mujahid@gmail.com

Abstrak

Kain tenun merupakan salah satu produk yang diminati oleh banyak orang. Hal ini menjadi pemicu produsen untuk meningkatkan pengelolaan produksinya. Salah satu usaha yang dilakukan adalah memprediksi produksi yang dapat dilakukan untuk membantu memperkirakan jumlah produksi dengan tujuan memberikan gambaran produksi sehingga produsen akan siap menerima segala resiko yang terjadi. Dalam penelitian ini, untuk mendapatkan prediksi jumlah produksi kain tenun dilakukan dengan perhitungan komputerisasi menggunakan metode logika fuzzy Sugeno dengan menggunakan kombinasi pohon keputusan random tree dalam membentuk rule. Kriteria yang digunakan dalam menentukan jumlah produksi yaitu, biaya produksi, permintaan, dan stok yang diperoleh dari pengusaha kain tenun di Mlaki Wanarejan Utara Pemalang. Digunakan pohon keputusan random tree salah satunya untuk membuat rule secara otomatis dari data yang tersedia tanpa perlu berkonsultasi dengan pakar, selain itu untuk memperkenalkan random tree dalam bidang penelitian karena masih sedikitnya penelitian yang menggunakan pohon keputusan ini. Hasil penelitian ini, ditemukan akurasi hasil prediksi yang diujikan memperoleh nilai Average Forecasting Error Rate (AFER) sebesar 42% dengan nilai kebenaran 58% setelah dibandingkan dengan data produksi sesungguhnya. Berdasarkan hasil maka perlu dikembangkan kembali agar hasil akurasi yang didapatkan lebih besar lagi, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk peneliti berikutnya adalah dengan memperhatikan rule yang terbentuk terutama pada saat dikombinasikan dengan menggunakan orde 0 dan orde 1.

Kata kunci: Logika fuzzy, Metode fuzzy Sugeno, Rule, Random tree, Prediksi

Abstract

Woven fabrics are one of the products that are in demand by many people. This triggers producers to increase their production management. One of the efforts made is to predict the production that can be done to help estimate the amount of production with the aim of providing a picture of production so that producers will be ready to accept all the risks that occur. In this study, to obtain a prediction of the amount of woven fabric production is done by computerized calculations using the Sugeno fuzzy logic method using a combination of random tree decision trees in forming a rule. The criteria used in determining the amount of production, namely, production costs, demand, and stock obtained from woven fabric entrepreneurs in Mlaki Wanarejan Utara Pemalang. Random tree decision trees are used, one of which is to automatically generate rules from the available data without consulting with experts, in addition to introducing random trees in the research field because there are still few studies using this decision tree. The results of this study, it was found that the accuracy of the tested prediction results obtained an Average Forecasting Error Rate (AFER) of 42% with a truth value of 58% after being compared with the actual production data. Based on the results, it is necessary to re-develop so that the accuracy results obtained are even greater, one way that can be done for the next researcher is to pay attention to the rules that are formed, especially when combined using order 0 and order 1.

Keywords : Fuzzy Logic, Fuzzy Sugeno Method, Rule, Random tree, Prediction

PENDAHULUAN

Logika Fuzzy merupakan sebuah logika yang mempunyai nilai kesamaran (fuzzyness) antara salah atau benar [1], dimana logika fuzzy pertama kali dikenalkan oleh Lotfi Asker Zadeh melalui tulisannya pada tahun 1965 tentang teori himpunan fuzzy [2]. Banyak macam dan jenis dari logika fuzzy, diantaranya yaitu, fuzzy yang tergolong dalam jenis Fuzzy Inference System terdapat fuzzy Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno. Dalam penelitian ini yang akan dibahas adalah fuzzy Sugeno dengan menggunakan kombinasi rule yang dibangun menggunakan random tree. Alasan digunakannya metode fuzzy Sugeno karena aturan yang direpresentasikan dalam bentuk IF – THEN, dimana output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear [3]. Data yang digunakan untuk mengetahui kinerja dari fuzzy Sugeno dalam penelitian ini diperoleh dari pengusaha kain tenun Mlaki Wanarejan Utara Pematang, berupa jumlah produksi kain tenun, yang dipengaruhi oleh banyaknya biaya produksi, permintaan dari pelanggan, dan stok yang tersedia. Selanjutnya, data tersebut digunakan untuk membangun sebuah rule dengan menggunakan pohon keputusan random tree yang dieksekusi oleh tools WEKA [4]. Digunakannya random tree salah satunya untuk membuat rule secara otomatis dari data yang tersedia tanpa perlu berkonsultasi dengan pakar [5], selain itu untuk memperkenalkan random tree dalam bidang penelitian karena masih sedikitnya penelitian yang menggunakan pohon keputusan tersebut. Kerja dari pohon keputusan random tree adalah pohon yang dibangun secara acak [6] dari sekumpulan pohon yang mungkin memiliki fitur acak disetiap simpul (Mishra dan Ratha, 2016).

Berikut beberapa penelitian yang serupa yang peneliti ambil sebagai bahan dalam pembuatan penelitian ini. Pertama menurut [7] melakukan penelitian mengenai prediksi produksi minyak kelapa sawit dengan menggunakan metode fuzzy Tsukamoto, dimana rule yang dibangun menggunakan pohon keputusan J48 dan REPTree dengan kriteria yang ada yaitu, banyaknya kelapa sawit, permintaan, dan persediaan. Setelah dihitung diperoleh kesimpulan bahwa pohon keputusan REPTree memiliki nilai yang mendekati dari data produksi sesungguhnya dibandingkan dengan J48. Kedua menurut [8] melakukan penelitian mengenai prediksi produksi kain tenun dengan menggunakan metode fuzzy Tsukamoto dan Sugeno, dimana rule yang dibangun menggunakan pohon keputusan J48 dengan kriteria yang ada yaitu, banyaknya biaya

produksi, permintaan, dan stok. Setelah dihitung diperoleh kesimpulan bahwa pohon keputusan metode fuzzy Tsukamoto memiliki nilai yang mendekati dari data produksi sesungguhnya dibandingkan dengan fuzzy Sugeno. Ketiga menurut [9] melakukan penelitian mengenai prediksi jumlah produksi palm oil dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani, dimana rule yang dibangun dibantu oleh pakar dengan kriteria yang ada yaitu, jumlah penerimaan palm oil, jumlah persediaan palm oil dan jumlah permintaan palm oil. Setelah dihitung diperoleh kesimpulan bahwa Akurasi prediksi jumlah produksi palm oil menggunakan metode fuzzy mamdani cukup variatif dimana akurasi terendah adalah 16.14% dan tertinggi 73.41 %. Keempat menurut [10] melakukan penelitian mengenai prediksi jumlah produksi barang dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani, dimana rule yang dibangun dibantu oleh pakar dengan kriteria yang ada yaitu, jumlah permintaan dan jumlah persediaan. Setelah dihitung diperoleh kesimpulan bahwa hasil prediksi jumlah produksi barang dapat dikatakan layak, karena hasil prediksi dengan jumlah produksi sesungguhnya hampir mendekati. Kelima menurut [11] melakukan penelitian mengenai penerapan metode fuzzy Sugeno dalam diagnosa penyakit gigi, dimana rule yang dibangun dibantu oleh pakar dengan kriteria yang ada yaitu berbagai jenis sakit gigi. Setelah dihitung diperoleh kesimpulan bahwa hasil didapatkan ketepatan hasil tingkat keparahan diagnosa penyakit gigi sebesar 71,43%.

Berdasarkan hal-hal yang telah dijelaskan di atas, pemodelan penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mempercepat dalam membuat rule tanpa harus berkonsultasi terhadap pakar, dikarenakan rule yang terbentuk disertai akurasi, serta dibuktikan secara langsung dengan produksi sesungguhnya, selain itu untuk mengetahui kinerja fuzzy Sugeno dalam menangani kasus prediksi jumlah produksi kain tenun dengan menggunakan pohon keputusan random tree.

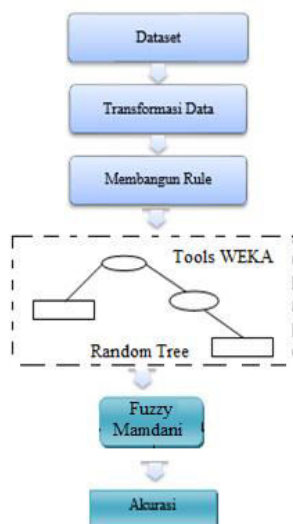
METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

A. Dataset

Dataset diperoleh di Mlaki Wanarejan Utara Pematang dengan wawancara secara langsung kepada pihak kain tenun yaitu kepada Bu Nyai Diana selaku pemilik pengusaha kain tenun. Data yang diperoleh adalah data biaya produksi, permintaan, stok serta jumlah

produksi. Adapun datanya dapat dilihat pada Tabel 1. Dataset.



Gambar 1. Alur Penelitian

Tabel 1. Dataset

Biaya produksi	Permintaan	Stok	Jumlah Produksi
Rp 1.500.000	100	15	120
Rp 1.200.000	110	12	128
Rp 1.000.000	200	50	205
Rp 1.100.000	300	75	305
Rp 1.600.000	400	10	410
Rp 1.000.000	50	5	106
Rp 900.000	230	12	280
Rp 1.400.000	124	100	180
Rp 900.000	450	100	465
Rp 1.100.000	105	98	250
Rp 1.600.000	290	230	100
Rp 1.000.000	50	10	100
Rp 900.000	50	15	80
Rp 1.400.000	75	34	116
Rp 900.000	120	100	122
Rp 1.200.000	126	59	160
Rp 7.890.400	220	33	224
Rp 8.806.250	245	24	250
Rp 14.547.925	409	65	413
Rp 10.497.050	292	22	298
Rp 7.608.600	211	32	216
Rp 12.082.175	340	58	343
Rp 7.925.625	215	27	225
Rp 16.344.400	485	64	464
Rp 16.600.000	450	40	472
Rp 8.806.250	245	38	250
Rp 8.665.350	243	26	246
Rp 8.348.325	300	30	237
Rp 10.664.000	242	37	248
Rp 12.900.000	276	44	300
Rp 6.000.000	320	60	?
Rp 11.592.000	417	73	?

Tabel 1. Dataset

Biaya produksi	Permintaan	Stok	Jumlah Produksi
Rp 10.860.000	408	69	?
Rp 14.090.000	446	95	?
Rp 9.320.000	320	90	?

Dapat dilihat pada Tabel 1 pada bulan Maret 2020 sampai Juli 2020 belum diketahui jumlah produksi yang ada, sehingga data tersebut dipisahkan untuk dijadikan sebagai data uji yang terlihat pada Tabel 2. Data Uji.

Tabel 2. Data Uji

Biaya produksi	Permintaan	Stok	Jumlah Produksi
Rp 6.000.000	320	60	?
Rp 11.592.000	417	73	?
Rp 10.860.000	408	69	?
Rp 14.090.000	446	95	?
Rp 9.320.000	320	90	?

B. Transformasi Data

Transformasi dilakukan untuk proses membangun *rule* yang terbentuk dengan menggunakan pohon keputusan *random tree*, kemudian dieksekusi oleh tools WEKA. Data yang dirubah kedalam transformasi adalah kriteria jumlah produksi, dimana dirubah kedalam bentuk himpunan *fuzzy* [12] yang terdiri dari banyak dan sedikit, terlihat pada Tabel 3. Transformasi Data.

Tabel 3. Transformasi Data

Biaya produksi	Permintaan	Stok	Jumlah Produksi
Rp 1.500.000	100	15	Sedikit
Rp 1.200.000	110	12	Sedikit
Rp 1.000.000	200	50	Sedikit
Rp 1.100.000	300	75	Banyak
Rp 1.600.000	400	10	Banyak
Rp 1.000.000	50	5	Sedikit
Rp 900.000	230	12	Banyak
Rp 1.400.000	124	100	Sedikit
Rp 900.000	450	100	Banyak
Rp 1.100.000	105	98	Sedikit
Rp 1.600.000	290	230	Sedikit
Rp 1.000.000	50	10	Sedikit
Rp 900.000	50	15	Sedikit
Rp 1.400.000	75	34	Sedikit
Rp 900.000	120	100	Banyak
Rp 1.200.000	126	59	Sedikit
Rp 7.890.400	220	33	Sedikit
Rp 8.806.250	245	24	Sedikit
Rp 14.547.925	409	65	Banyak
Rp 10.497.050	292	22	Banyak
Rp 7.608.600	211	32	Sedikit
Rp 12.082.175	340	58	Banyak
Rp 7.925.625	215	27	Sedikit
Rp 16.344.400	485	64	Banyak

Tabel 3. Transformasi Data

Biaya produksi	Permintaan	Stok	Jumlah Produksi
Rp 16.600.000	450	40	Banyak
Rp 8.806.250	245	38	Sedikit
Rp 8.665.350	243	26	Sedikit
Rp 8.348.325	300	30	Sedikit
Rp 10.664.000	242	37	Sedikit
Rp 12.900.000	276	44	Banyak

C. Membangun Rule

Membuat *rule* berdasarkan *decision random tree* dengan menggunakan *tools weka*, dengan cara *menggenerate* semua data biaya produksi, permintaan, stok, dan jumlah produksi kemudian diproses dengan menghasilkan kontruksi pohon keputusan serta terbentuk aturan klasifikasi [13] dari data pada Tabel 3. Transformasi Data.

D. Fuzzy Sugeno

Penalaran dengan metode *fuzzy Sugeno* hampir sama dengan penalaran *fuzzy Mamdani*, hanya saja *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985.

a. Model Fuzzy Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model *fuzzy Sugeno* Orde-Nol adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \cdot (x_2 \text{ is } A_2) \cdot \dots \cdot (x_i \text{ is } A_i) \\ \text{THEN } z=k$$

dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke- i sebagai anteseden, dan k adalah satu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

b. Model Fuzzy Sugeno Orde-Satu

Secara umum bentuk model *fuzzy Sugeno* Orde-Satu adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \cdot (x_2 \text{ is } A_2) \cdot \dots \cdot (x_i \text{ is } A_i) \\ \text{THEN } z=p_1 \cdot x_1 + \dots + p_i \cdot x_i + q$$

dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke- i sebagai anteseden, dan p_i adalah suatu konstanta (tegas) ke- i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen. Apabila komposisi aturan menggunakan metode *fuzzy Sugeno*, maka defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya.

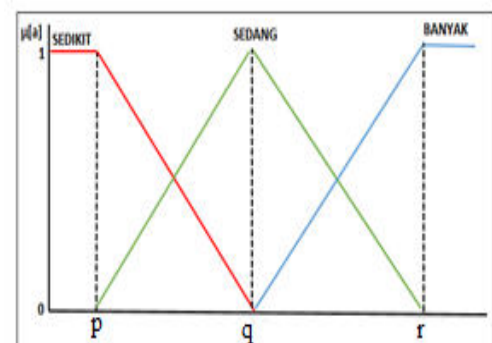
Dalam mendapatkan *output* dengan menggunakan metode *fuzzy Sugeno*, diperlukan 3 tahapan yang harus dilakukan:

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Dalam pembentukan himpunan *fuzzy*, maka diperlukan model aturan yang digunakan, baik dari segi domain, banyaknya himpunan *fuzzy* yang digunakan, dan representasi fungsi keanggotaan, yang terlihat pada Tabel 4. Model Aturan Himpunan Fuzzy dan Gambar 2. Fungsi Keanggotaan.

Tabel 4. Model Aturan Himpunan Fuzzy

Parameter	Kriteria	Himpunan Fuzzy	Domain
Input	Biaya produksi	Sedikit	Rp 9.000.000 – Rp 12.800.000
		Sedang	Rp 9.000.000 – Rp 16.600.000
		Banyak	Rp 12.800.000 – Rp 16.600.000
	Permintaan	Sedikit	50 – 267,5
		Sedang	50 - 485
		Banyak	267,5 - 485
	Stok	Sedikit	5 – 117,5
		Sedang	5 - 230
		Banyak	117,5 - 230
Output	Jumlah Produksi	Sedikit	80 – 276
		Sedang	80 – 472
		Banyak	276 – 472



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan

$$\mu_{[p]}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq q \\ \frac{q-x}{q-p} & p \leq x \leq q \\ 1 & x \leq p \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{[q]}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq p \text{ atau } x \geq r \\ \frac{x-p}{q-p} & p \leq x < q \\ \frac{r-x}{r-q} & q < x \leq r \\ 1 & x = q \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{[r]}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq q \\ \frac{x-r}{r-q} & q \leq x \leq r \\ 1 & x \geq r \end{cases} \quad (3)$$

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada metode *fuzzy* Sugeno, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min [14], yang berbentuk *if.....then.....* dengan menggunakan operasi AND.

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

dengan:

$\mu_A[x]$ = nilai derajat keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*;

$\mu_B[y]$ = nilai derajat keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-*i*;

3. Penegasan (*Defuzzy*)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy* [15], sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Dalam metode *fuzzy* Sugeno, defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-rata terbobot (*weight average*). Secara umum dirumuskan:

$$WA = \frac{\sum_{i=1}^n a_i z_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (6)$$

E. Akurasi

Akurasi digunakan dengan metode *error Average Forecasting Error Rate* (AFER). Adapun perhitungannya adalah:

$$AFER = \frac{\sum \left(\frac{|A_i - F_i|}{A_i} \right)}{n} \times 100 \% \quad (7)$$

Dimana A_i adalah data sesungguhnya pada data dan F_i adalah nilai hasil prediksi untuk data ke-*i*. Adapun *n* adalah banyaknya data [16].

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi WEKA Membuat *Rule Random Tree*

Pembuatan *rule* untuk membangun pohon keputusan *random tree* dengan menggunakan implementasi WEKA. Hasil yang diperoleh terlihat pada Gambar 3. Pohon Keputusan *Random Tree*. Dari Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa aturan yang terbentuk dari

random tree diperoleh batasan datanya adalah sebagai berikut:

Permintaan:

Banyak: ≥ 261

Sedang: 85 – 260

Sedikit: < 85

Stok:

Banyak: ≥ 165

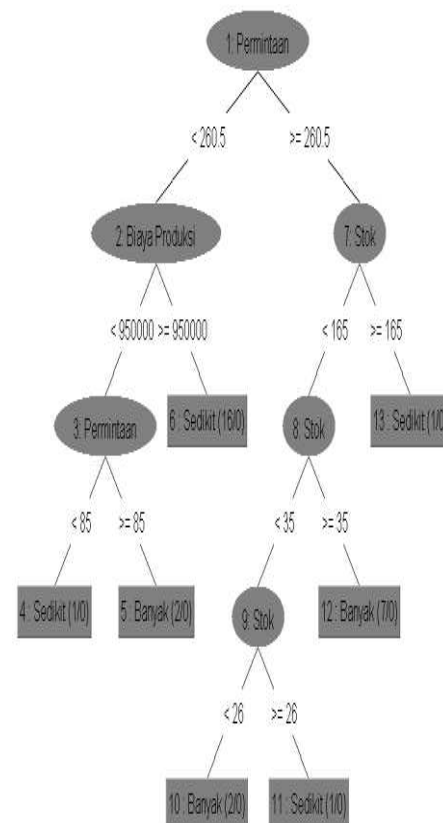
Sedang: 164 – 26

Sedikit: < 26

Biaya Produksi:

Banyak: $\geq$ Rp 9.500.000

Sedikit: $<$ Rp 9.500.000



Gambar 3. Pohon Keputusan *Random Tree*

Berdasarkan batasan data di atas dan Gambar 2, sehingga didapatkan sebuah *rule* yang terlihat pada Tabel 5. Rule.

Tabel 5. Rule

Rule	Kondisi
R1	IF Permintaan Sedikit THEN Jumlah Produksi Sedikit
R2	IF Permintaan Sedang AND Biaya Produksi Sedikit THEN Jumlah Produksi Banyak
R3	IF Permintaan Sedang AND Biaya Produksi Banyak THEN Jumlah

	Produksi Sedikit
R4	IF Permintaan Banyak AND Stok Sedikit THEN Jumlah Produksi Banyak
R5	IF Permintaan Banyak AND Stok Sedang THEN Jumlah Produksi Sedikit
R6	IF Permintaan Banyak AND Stok Sedang THEN Jumlah Produksi Banyak
R7	IF Permintaan Banyak AND Stok Banyak THEN Jumlah Produksi Sedikit

Hasil dari Tabel 5, secara detail baik dari akurasi pohon keputusan *random tree* yang terbentuk, akurasi untuk setiap kelas klasifikasi, bahkan nilai *confusion matrix* [17] yang diperoleh semua dapat terlihat pada Gambar 5. *Classifier Output*.

```

=== Evaluation on training set ===
=== Summary ===
Correctly Classified Instances  30    100 %
Incorrectly Classified Instances  0     0 %
Kappa statistic                1
Mean absolute error            0
Root mean squared error        0
Relative absolute error         0 %
Root relative squared error     0 %
Total Number of Instances      30

=== Detailed Accuracy By Class ===
TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  ROC Area  Class
1        0        1          1        1          1        Sedikit
1        0        1          1        1          1        Banyak

=== Confusion Matrix ===
 a  b  <-- classified as
19  0 | a = Sedikit
 0 11 | b = Banyak

```

Gambar 4. *Classifier output*

Tabel 5. Rule, kemudian dikombinasikan dengan menggunakan orde 0 dan orde 1 agar tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear, dimana terlihat pada Tabel 6. *Rule Kombinasi*.

Tabel 6. *Rule Kombinasi*

Rule	Kondisi
R1	IF Permintaan Sedikit THEN Jumlah Produksi = Permintaan
R2	IF Permintaan Sedang AND Biaya Produksi Sedikit THEN Jumlah Produksi = Permintaan – Stok
R3	IF Permintaan Sedang AND Biaya

	Produksi Banyak THEN Jumlah Produksi = 1,25 * Permintaan – Stok
R4	IF Permintaan Banyak AND Stok Sedikit THEN Jumlah Produksi = Permintaan - Stok
R5	IF Permintaan Banyak AND Stok Sedang THEN Jumlah Produksi = 1,25 * Permintaan – Stok
R6	IF Permintaan Banyak AND Stok Sedang THEN Jumlah Produksi = 1,20 * Permintaan – Stok
R7	IF Permintaan Banyak AND Stok Banyak THEN Jumlah Produksi = Permintaan

B. Perhitungan *Fuzzy Sugeno*

Berikut contoh perhitungan prediksi jumlah produksi manual dengan menggunakan *fuzzy Sugeno* berdasarkan pada Tabel 2. Data Uji, dimana yang akan dijadikan contoh perhitungan manualnya yaitu, pada besarnya biaya produksi sebesar Rp 6.000.000, permintaan sebesar 320, dan stok yang ada sebanyak 60.

Langkah 1:

Menentukan kriteria variabel yang terkait untuk proses fuzzifikasi.

1. Biaya produksi (x), terdiri atas 3 himpunan *fuzzy*, yaitu SEDIKIT, SEDANG, dan BANYAK [18]. Berdasarkan dari Tabel 4, maka fungsi keanggotaan biaya produksi dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{biayaprod-sedikit}[x]:$$

$$\begin{cases} 0, & x \geq 12.800.000 \\ \frac{12.800.000 - x}{3.800.000}, & 9.000.000 \leq x \leq 12.800.000 \\ 1, & x \leq 9.000.000 \end{cases}$$

$$\mu_{biayaprod-sedang}[x]:$$

$$\begin{cases} 0, & x \leq 9.000.000 \text{ atau } x \geq 16.600.000 \\ \frac{x - 9.000.000}{3.800.000}, & 9.000.000 \leq x < 12.800.000 \\ \frac{16.600.000 - x}{3.800.000}, & 12.800.000 < x \leq 16.600.000 \\ 1, & x = 12.800.000 \end{cases}$$

$$\mu_{biayaprod-banyak}[x]:$$

$$\begin{cases} 0 & x \leq 12.800.000 \\ \frac{x - 12.800.000}{3.800.000} & 12.800.000 \leq x \leq 16.600.000 \\ 1 & x \geq 16.600.000 \end{cases}$$

2. Permintaan (y), terdiri atas 3 himpunan *fuzzy*, yaitu SEDIKIT, SEDANG, dan BANYAK. Berdasarkan dari Tabel 4, maka fungsi keanggotaan permintaan dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{\text{permintaan-sedikit}}[y]:$$

$$\begin{cases} 0, & y \geq 267,5 \\ \frac{267,5 - y}{217,5}, & 50 \leq y \leq 267,5 \\ 1, & y \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{permintaan-sedang}}[y]:$$

$$\begin{cases} 0, & y \leq 50 \text{ atau } y \geq 485 \\ \frac{y - 50}{217,5}, & 50 \leq y < 267,5 \\ \frac{485 - y}{217,5}, & 267,5 < y \leq 485 \\ 1, & y = 267,5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{permintaan-banyak}}[y]:$$

$$\begin{cases} 0 & y \leq 267,5 \\ \frac{y - 267,5}{217,5} & 267,5 \leq y \leq 485 \\ 1 & y \geq 485 \end{cases}$$

3. Stok (w), terdiri atas 3 himpunan *fuzzy*, yaitu SEDIKIT, SEDANG, dan BANYAK. Berdasarkan dari Tabel 4, maka fungsi keanggotaan stok dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{\text{stok-sedikit}}[w]:$$

$$\begin{cases} 0, & w \geq 117,5 \\ \frac{117,5 - w}{112,5}, & 5 \leq w \leq 117,5 \\ 1, & w \leq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{stok-sedang}}[x]:$$

$$\begin{cases} 0, & w \leq 5 \text{ atau } w \geq 230 \\ \frac{w - 5}{112,5}, & 5 \leq w < 117,5 \\ \frac{230 - w}{112,5}, & 117,5 < w \leq 230 \\ 1, & w = 117,5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{stok-banyak}}[x]:$$

$$\begin{cases} 0 & w \leq 117,5 \\ \frac{w - 117,5}{112,5} & 117,5 \leq w \leq 230 \\ 1 & w \geq 230 \end{cases}$$

4. Jumlah produksi (z), terdiri atas 3 himpunan *fuzzy*, yaitu SEDIKIT, SEDANG, dan BANYAK. Berdasarkan dari Tabel 4, maka fungsi keanggotaan jumlah produksi dirumuskan sebagai berikut:

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

$$\begin{cases} 0, & z \geq 276 \\ \frac{276 - z}{196}, & 80 \leq z \leq 276 \\ 1, & z \leq 80 \end{cases}$$

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

$$\begin{cases} 0, & z \leq 80 \text{ atau } z \geq 472 \\ \frac{z - 80}{196}, & 80 \leq z < 276 \\ \frac{472 - z}{196}, & 276 < z \leq 472 \\ 1, & z = 276 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{jumlahprod-banyak}}[z]:$$

$$\begin{cases} 0 & z \leq 276 \\ \frac{z - 276}{196} & 276 \leq z \leq 472 \\ 1 & z \geq 472 \end{cases}$$

Jika diketahui besarnya biaya produksi sebesar Rp 6.000.000, permintaan sebesar 320, dan stok yang ada sebanyak 60, maka:

$$\mu_{\text{biayaprod-sedikit}}[6000000] = 1$$

$$\mu_{\text{biayaprod-sedang}}[6000000] = 0$$

$$\mu_{\text{biayaprod-banyak}}[6000000] = 0$$

$$\mu_{\text{permintaan-sedikit}}[320] = 0$$

$$\mu_{\text{permintaan-sedang}}[320] = \frac{485-320}{217,5} = 0,7586$$

$$\mu_{\text{permintaan-banyak}}[320] = \frac{320-267,5}{217,5} = 0,2414$$

$$\mu_{\text{stok-sedikit}}[60] = \frac{117,5-60}{112,5} = 0,5111$$

$$\mu_{\text{stok-sedang}}[60] = \frac{60-5}{112,5} = 0,4889$$

$$\mu_{\text{stok-banyak}}[60] = 0$$

Langkah 2:

Aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN, pada setiap aturannya:

R1: IF Permintaan Sedikit THEN Jumlah Produksi = Permintaan

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{-predikat1}} &= \mu_{\text{permintaan-sedikit}} \\ &= (\mu_{\text{permintaan-sedikit}}[320]) \\ &= 0\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai $Z_1 = \text{Permintaan}$
 $Z_1 = 320$

R2: IF Permintaan Sedang AND Biaya Produksi Sedikit THEN Jumlah Produksi = Permintaan - Stok

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{-pred2}} &= \mu_{\text{permintaan-sedng}} \cap \mu_{\text{biayaprod-sedikit}} \\ &= \min(0,7586; 1) = 0,7586\end{aligned}$$

Nilai $Z_2 = \text{Permintaan} - \text{Stok}$
 $Z_2 = 320 - 60 = 260$

R3: IF Permintaan Sedang AND Biaya Produksi Banyak THEN Jumlah Produksi = $1,25 * \text{Permintaan} - \text{Stok}$

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{-pred3}} &= \mu_{\text{permintaan-sedng}} \\ &\cap \mu_{\text{biayaprod-banyak}} \\ &= \min(0,7586; 0) = 0\end{aligned}$$

Nilai $Z_3 = 1,25 * \text{Permintaan} - \text{Stok}$
 $Z_3 = 1,25 * 320 - 60 = 340$

R4: IF Permintaan Banyak AND Stok Sedikit THEN Jumlah Produksi = Permintaan - Stok

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{-pred4}} &= \mu_{\text{permintaan-banyak}} \cap \mu_{\text{stok-sedikit}} \\ &= \min(0,2414; 0,5111) = 0,2414\end{aligned}$$

Nilai $Z_4 = \text{Permintaan} - \text{Stok}$
 $Z_4 = 320 - 60 = 260$

R5: IF Permintaan Banyak AND Stok Sedang THEN Jumlah Produksi = $1,25 * \text{Permintaan} - \text{Stok}$

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{-pred5}} &= \mu_{\text{permintaan-banyak}} \cap \mu_{\text{stok-sedang}} \\ &= \min(0,2414; 0,4889) = 0,2414\end{aligned}$$

Nilai $Z_5 = 1,25 * \text{Permintaan} - \text{Stok}$
 $Z_5 = 1,25 * 320 - 60 = 340$

R6: IF Permintaan Banyak AND Stok Sedang THEN Jumlah Produksi = $1,20 * \text{Permintaan} - \text{Stok}$

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{-pred6}} &= \mu_{\text{permintaan-banyak}} \cap \mu_{\text{stok-sedang}} \\ &= \min(0,2414; 0,4889) = 0,2414\end{aligned}$$

Nilai $Z_6 = 1,20 * \text{Permintaan} - \text{Stok}$

$$Z_6 = 1,20 * 320 - 60 = 324$$

R7: IF Permintaan Banyak AND Stok Banyak THEN Jumlah Produksi Permintaan

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{-pred7}} &= \mu_{\text{permintaan-banyak}} \cap \mu_{\text{stok-banyak}} \\ &= \min(0,2414; 0) = 0\end{aligned}$$

Nilai $Z_7 = \text{Permintaan}$
 $Z_7 = 320$

Langkah 3:

Melakukan defuzzifikasi dengan menggunakan metode dengan cara mencari nilai rata-rata terbobot (*weight average*).

$$\begin{aligned}WA &= \frac{a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3 + \dots + a_7 Z_7}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_7} \\ &= \frac{0 * 320 + 0,7586 * 260 + \dots + 0 * 320}{0 + 0,7586 + \dots + 0} \\ &= \frac{420,2896}{1,4828} \approx 283\end{aligned}$$

Setelah dihitung keseluruhan dari data uji menghasilkan hasil prediksi, yang terlihat pada Tabel 6. Hasil Prediksi Data Uji.

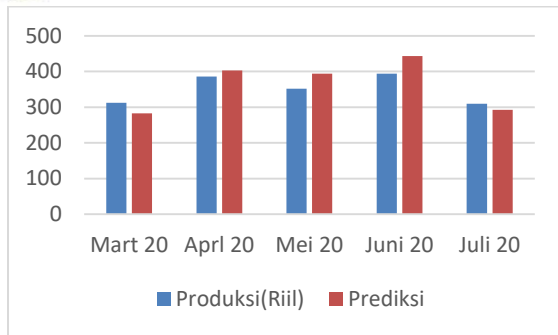
Tabel 6. Hasil Prediksi Data Uji

Biaya produksi	Permintaan	Stok	Prediksi Produksi
Rp 6.000.000	320	60	283
Rp 11.592.000	417	73	403
Rp 10.860.000	408	69	394
Rp 14.090.000	446	95	443
Rp 9.320.000	320	90	254

Hasil prediksi dibandingkan secara langsung dengan produksi sesungguhnya, secara detail terlihat pada Tabel 7. Perbandingan Hasil Prediksi dan Gambar 7. Perbandingan Hasil Prediksi.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Prediksi

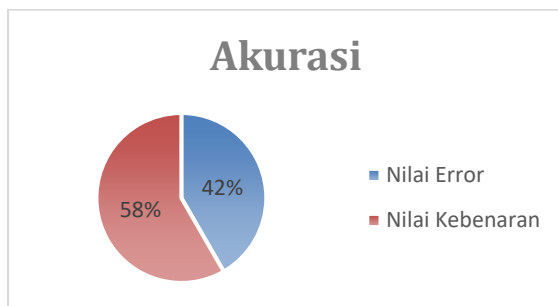
Biaya produksi	Permintaan	Stok	Produksi Riil	Prediksi Produksi
Rp 6.000.000	320	60	312	283
Rp 11.592.000	417	73	386	403
Rp 10.860.000	408	69	352	394
Rp 14.090.000	446	95	394	443
Rp 9.320.000	320	90	310	254



Gambar 5. Perbandingan Hasil Prediksi

C. Analisis Hasil Perbandingan

Analisis hasil perbandingan prediksi produksi pada Tabel 7, diuji nilai *error*nya dengan menggunakan *Average Forecasting Error Rate* (AFER), didapatkan hasil akurasi yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai Akurasi Prediksi

Berdasarkan Gambar 6. Nilai Akurasi Prediksi, bahwa warna merah merepresentasikan nilai *error* sebesar 42%, warna biru merepresentasikan nilai kebenaran sebesar 58%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai kinerja fuzzy Sugeno dengan rule yang dibangun menggunakan pohon keputusan random tree dengan studi kasus produksi kain tenun di Mlaki Wanarejan Utara Pematang, dapat diambil kesimpulan bahwa hasil prediksi yang diujikan memperoleh nilai *Average Forecasting Error Rate* (AFER) sebesar 42% dengan nilai kebenaran 58% setelah dibandingkan dengan data produksi sesungguhnya. Berdasarkan hasil maka perlu dikembangkan kembali agar hasil akurasi yang didapatkan lebih besar lagi, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk peneliti berikutnya adalah dengan memperhatikan rule yang terbentuk terutama pada saat dikbinasikan dengan menggunakan orde 0 dan orde 1.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Sivagowry and D. M., "An Intelligent

- System based on Fuzzy Inference System to prophesy the brutality of Cardio Vascular Disease," *Adv. Comput. Sci. an Int. J.*, vol. 4, no. 6, pp. 119–125, 2015.
- [2] J. Hidayati, Sukardi, S. Ani, Sugiharto, and A. M. Fauzi, "Optimization of Business Partners Feasibility for Oil Palm Revitalization Using Fuzzy Approach," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 29–35, 2013.
- [3] A. Bahroini, A. Farmadi, and R. A. Nugroho, "Prediksi Permintaan Produk Mie Instan Dengan Metode Fuzzy Takagi-Sugeno," *Klik - Kumpul. J. Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, p. 220, 2016.
- [4] K. S. Elekar and M. M. Waghmare, "Study of Tree Base Data Mining Algorithms for Network Intrusion Detection," *Int. J. Recent Innov. Trends Comput. Commun.*, vol. 2, no. 10, pp. 3253–3257, 2014.
- [5] A. K. Hamoud, A. S. Hashim, and W. A. Awadh, "Predicting Student Performance in Higher Education Institutions Using Decision Tree Analysis," *Int. J. Interact. Multimed. Artif. Intell.*, vol. 5, no. 2, p. 26, 2018.
- [6] S. S. Alaoui, Y. Farhaoui, and B. Aksasse, "Classification Algorithms in Data Mining : A Survey," *IJSRCSEIT*, vol. 3, no. 1, pp. 349–355, 2018.
- [7] T. Tundo and S. 'Uyun, "Penerapan Decision Tree J48 dan Reptree dalam Menentukan Prediksi Produksi Minyak Kelapa Sawit menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 3, p. 483, 2020.
- [8] Tundo, R. Akbar, and E. I. Sela, "Analisis Perbandingan Fuzzy Tsukamoto Dan Sugeno Dalam Menentukan Jumlah Produksi Kain Tenun Menggunakan Base Rule Decision Tree," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 171–180, 2020.
- [9] C. P. P. Maibang and A. M. Husein, "Prediksi Jumlah Produksi Palm Oil Menggunakan Fuzzy Inference System Mamdani," *J. Teknol. dan Ilmu Komput. Prima*, vol. 2, no. 2, p. 19, 2019.
- [10] M. Djunaidi, "Penentuan Jumlah Produksi Dengan," *J. Ilm. Tek. Insudtri*, vol. 4, no. 2, pp. 95–104, 2005.
- [11] L. Salisa Setiawati, I. Budiman, and O. Soesanto, "Penerapan Fuzzy Inference System Takagi-Sugeno-Kang pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Gigi," *J. Ilmu Komput.*, vol. 04, no. 01, pp. 1–10, 2016.
- [12] T. A. Mujahid and E. I. Sela, "Analisis Perbandingan Rule Pakar dan Decision Tree J48 Dalam Menentukan Jumlah

- Produksi Kain Tenun Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 6, no. 5, pp. 501–505, 2019.
- [13] Tundo, "PREDIKSI PRODUKSI MINYAK KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO DENGAN RULE YANG TERBENTUK MENGGUNAKAN DECISION TREE REPTREE," *JANAPATI*, vol. 9, no. 2, pp. 253–265, 2020.
- [14] S. Batubara, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan," *It J. Res. Dev.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2017.
- [15] D. Kartika, R. Sovia, and H. M. Sandawa, "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Memprediksi Angka Penjualan Token Berdasarkan Persediaan Dan Jumlah," *J. KomTekInfo*, vol. 5, no. 1, pp. 81–95, 2018.
- [16] T. M. Tuan *et al.*, "M-CFIS-R: Mamdani complex fuzzy inference system with rule reduction using complex fuzzy measures in granular computing," *Mathematics*, vol. 8, no. 5, 2020.
- [17] 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.
- [18] 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.