

Prediksi Jumlah Produksi Genteng di Kebumen Berdasarkan Fuzzy Inference System Mamdani

Tundo¹, Heri Mahyuzar²

Sains Data, Universitas Putra Bangsa¹

Bisnis Digital, Universitas Putra Bangsa²

email: asna8mujahid@gmail.com

Page | 119

Abstrak

Genteng merupakan salah satu produk yang diminati oleh banyak orang. Hal ini menjadi pemicu produsen untuk meningkatkan pengelolannya. Salah satu usaha yang dilakukan adalah memprediksi produksi yang dapat dilakukan untuk mendapatkan jumlah optimal yang diperoleh, sehingga mendapatkan keuntungan yang besar. Dalam penelitian ini, untuk mendapatkan prediksi jumlah produksi genteng dilakukan dengan perhitungan komputerisasi menggunakan metode logika *fuzzy* Mamdani. Metode ini menggunakan konsep aturan monoton, yang kemudian diseleksi kembali oleh pakar ahli produksi genteng dengan memilih *rule* yang sesuai dengan keadaan sebenarnya di instansi. Penelitian ini membuktikan bahwa prediksi yang dilakukan dengan aturan monoton, kemudian di seleksi kembali oleh pakar mampu menangani proses prediksi produksi genteng. Hasil perbandingan prediksi dengan produksi sesungguhnya memiliki persentase error sebesar 28,45%, dengan kebenaran sebesar 71,55 % (berdasarkan perhitungan Average Forecasting Error Rate (AFER)). Oleh karena itu ketika diimplementasikan dalam *Fuzzy Inference System* Mamdani dapat menghasilkan prediksi produksi genteng yang optimal.

Kata kunci: Logika Fuzzy; *Fuzzy Inference System* Mamdani; Aturan Monoton; *Average Forecasting Error Rate*; Prediksi

Abstract

Tile is one product that is in demand by many people. This is a trigger for producers to improve their management. One of the efforts made is to predict the production that can be done to get the optimal amount obtained, so as to get a big profit. In this study, to predict the amount of tile production, computerized calculations were carried out using the Mamdani fuzzy logic method. This method uses the concept of monotonous rules, which are then re-selected by experts in tile production by choosing rules that match the actual situation in the agency. This study proves that predictions made with monotonous rules, then re-selection by experts are able to handle the process of predicting tile production. The results of the comparison of predictions with actual production have an error percentage of 28.45%, with a truth of 71.55% (based on the calculation of the Average Forecasting Error Rate (AFER)). Therefore, when implemented in the Fuzzy Inference System, Mamdani can produce optimal tile production predictions.

Keyword: *Fuzzy Logic; Mamdani Fuzzy Inference System; Monotone Rules; Average Forecasting Error Rate; Prediction*

PENDAHULUAN

Genteng banyak diminati oleh berbagai kalangan (Wati, Rohmah, & Rahmadani, 2021). Kondisi ini memberikan banyak peluang untuk produsen melakukan strategi untuk mengoptimalkan produksinya (Hermawan & Fikri, 2020). Era industri 4.0 dalam penerapan teknologi dalam berbagai hal, ini dapat dilakukan untuk meningkatkan optimalisasi produksi kain tenun. Proses yang dilakukan salah satunya yaitu memprediksi jumlah produksi dari produsen.

Usaha yang dilakukan dalam sebuah prediksi salah satunya dengan menggunakan metode Logika *Fuzzy* (Tundo & Sela, 2018). Logika *Fuzzy* adalah sebuah logika dengan nilai kesamaran (*fuzzyness*) dengan nilai benar atau salah (Sugiyarto, Eliyanto, Irsalinda, Putri, & Fitriawanawati, 2021). Konsep ini dilakukan dan dikenalkan pertama kali oleh Lotfi Asker Zadeh pada tahun 1965 dalam teori himpunan *fuzzy* (Hidayati, Sukardi, Ani, Sugiharto, & Fauzi, 2013). *Fuzzy* yang tergolong dalam jenis *Fuzzy Inference System* (FIS) terdapat beberapa macam yaitu Mamdani, Tsukamoto, dan Sugeno. Dalam penelitian ini, FIS Mamdani yang digunakan untuk diimplementasikan dengan aturan yang dibangun menggunakan aturan monoton yang kemudian akan diseleksi kembali oleh pakar ahli produksi genteng. FIS Mamdani sangat fleksibel, memiliki struktur sederhana serta toleransi terhadap data yang digunakan (Tseng, Konada, & Kwon, 2016).

Penerapan FIS Mamdani dalam memprediksi jumlah produksi kain tenun (Tundo & Saifullah, 2022). Aturan yang dibuat otomatis dengan menggunakan *Random Tree* dengan kriteria yang digunakan yaitu biaya produksi, stok, dan permintaan. Akurasi yang dihasilkan menunjukkan nilai dengan hasil yang mendekati produksi sebenarnya dengan akurasi kebenaran sebesar 97. Namun sayang tidak begitu detail dijelaskan cara konsep dari *Random Tree* yang digunakan. FIS Mamdani juga mampu memprediksi jumlah barang produksi dengan aturan 2 kriteria, yaitu permintaan dan persediaan (Djunaidi, 2005). Hasil prediksi jumlah produksi barang mendekati produksi sebenarnya.

Prediksi lain juga dilakukan dengan penerapan FIS dalam prediksi produksi minyak kelapa sawit (Tundo & 'Uyun, 2020) dilakukan dengan menggunakan metode Tsukamoto. Aturan yang digunakan merupakan hasil dari *decision tree* J48 dan REPTree dengan kriteria: banyaknya kelapa sawit, permintaan, dan persediaan dari kelapa sawit. *Decision tree* tersebut menunjukkan nilai dengan hasil yang mendekati produksi sebenarnya. Akan tetapi, akurasi klasifikasi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan J48. Selain itu, penerapan FIS juga mampu memprediksi produksi kain

tenun berdasarkan konsep Sugeno dan Tsukamoto (Tundo, Akbar, & Sela, 2020). *Decision tree* J48 memiliki aturan berdasar kriteria biaya produksi, permintaan, dan stok. *Decision tree* FIS Tsukamoto menghasilkan nilai yang mendekati hasil produksi sebenarnya. Namun, aturan detail dalam FIS Sugeno untuk aturan kombinasi yang terbentuk masih kurang jelas.

Selain itu, terdapat prediksi *customer churn* dengan menggunakan *Fuzzy ID3* (Herawati, Mukhlash, & Wibowo, 2016). Kriteria yang digunakan yaitu, lama penggunaan (bulan), total panggilan, total panggilan (menit), jumlah telepon, serta panggilan *customer service*. Hasil eksperimen memberikan akurasi terbesar sebesar 87%. Kemudian varian *fuzzy* lain yaitu *time invariant fuzzy time series* yang meramalkan jumlah kunjungan wisatawan di kota batu (Elfajar, Setiawan, & Dewi, 2017). Peramalan dilakukan berdasarkan rata-rata dalam *fuzzy set* dan perhitungan *error* dengan *Average Forecasting Error Rate* (AFER) (Tundo, 2021), dengan hasil terbaiknya adalah 0,0056% berdasarkan data latih sebanyak 60. Namun, belum ada detail hasil yang disampaikan, seharusnya dijelaskan agar dapat terkonfirmasi dan terlihat.

Pemodelan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan aturan monoton yang kemudian diselaraskan dengan kejadian yang terjadi sesungguhnya dalam proses produksi dengan memberikan penilaian revisi dari pakar (Mujahid & Sela, 2019), kemudian aturan yang direvisi tersebut yang diterapkan dalam penelitian ini. Hasil pemodelan menghasilkan aturan yang cukup baik setelah dibandingkan dengan hasil sebenarnya. Selain itu penelitian ini juga dapat membantu dalam memperkirakan prediksi produksi genteng yang dapat memperkirakan terkait kerugian atau keuntungan yang akan terjadi.

METODE

Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari perusahaan genteng, tepatnya di TH ABADI dari bulan Januari 2018 - September 2022, dengan wawancara langsung kepada pihak yang bersangkutan. Data dapat dilihat di Tabel 1, berikut ini.

Tabel 1. Dataset

Bulan	Tahun	Tanah (Kg)	Permintaan	Persediaan	Produksi
Januari	2018	50000	34000	875	20613
Februari	2018	55000	31600	500	23800
Maret	2018	53000	29950	400	25016
April	2018	40000	28720	450	24206
Mei	2018	45000	29860	230	25516
Juni	2018	42000	29050	300	25107
Juli	2018	32000	25050	250	27031

Agustus	2018	56000	32550	200	30072
September	2018	45000	30050	250	27558
Oktober	2018	42000	29550	300	25134
November	2018	40000	27700	500	23731
Desember	2018	30000	24100	100	26010
Januari	2019	25000	21050	150	23841
Februari	2019	20000	18690	340	24317
Maret	2019	25000	21740	100	23045
April	2019	15400	14230	590	12780
Mei	2019	15500	14760	330	23544
Juni	2019	25300	23090	240	25060
Juli	2019	60000	34590	650	21304
Agustus	2019	35500	28830	220	27118
September	2019	45200	30400	320	25603
Oktober	2019	40500	28240	580	23071
November	2019	38600	27610	270	25056
Desember	2019	55000	31630	640	21641
Januari	2020	42000	29440	400	26690
Februari	2020	56000	32820	380	25826
Maret	2020	45000	30120	260	27565
April	2020	53000	30760	300	26568
Mei	2020	52000	30030	370	25481
Juni	2020	57000	33430	440	24816
.....
.....
Mei	2022	49000	27790	220	?
Juni	2022	55000	32560	260	?
Juli	2022	48000	32120	340	?
Agustus	2022	56000	32740	300	?
September	2022	53000	32600	350	?

Tabel 1 merupakan tabel jumlah produksi dengan jumlah produksi pada bulan Mei sampai September tahun 2022 belum diketahui, sehingga data tersebut digunakan sebagai data uji.

Membuat Aturan

Membuat aturan atau *rule* monoton, dengan cara menggunakan rumus n^x , dimana n adalah banyaknya nilai linguistik atau himpunan *fuzzy* yang digunakan dan x adalah banyaknya kriteria atau parameter yang ada (Tundo & 'Uyun, 2022). Jadi berdasarkan

rumus maka *rule* monoton yang dapat dibentuk adalah 2^4 , dimana 2 berarti nilai linguistik yang terdiri dari banyak dan sedikit dan 4 adalah kriteria atau parameter yang ada yaitu tanah, permintaan, persediaan, dan produksi. Dari penjabaran, maka dapat dibentuk aturan monoton sebanyak $2^4 = 16$. Berikut aturan monoton yang digunakan tampak terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Aturan Monoton

No	Tanah	Permintaan	Persediaan	Produksi
1	Sedikit	Sedikit	Sedikit	Sedikit
2	Sedikit	Sedikit	Sedikit	Banyak
3	Sedikit	Banyak	Sedikit	Sedikit
4	Sedikit	Sedikit	Banyak	Banyak
5	Sedikit	Banyak	Banyak	Sedikit
6	Sedikit	Banyak	Banyak	Banyak
7	Sedikit	Sedikit	Banyak	Sedikit
8	Sedikit	Banyak	Sedikit	Banyak
9	Banyak	Sedikit	Sedikit	Sedikit
10	Banyak	Sedikit	Sedikit	Banyak
11	Banyak	Sedikit	Banyak	Sedikit
12	Banyak	Sedikit	Banyak	Banyak
13	Banyak	Banyak	Sedikit	Sedikit
14	Banyak	Banyak	Sedikit	Banyak
15	Banyak	Banyak	Banyak	Sedikit
16	Banyak	Banyak	Banyak	Banyak

Berdasarkan Tabel 2, diseleksi kembali menurut pakar ahli produksi genteng, dimana dari 16 aturan berubah menjadi 9 aturan, dengan merasionalkan produksi sesungguhnya yang terjadi di instansi tersebut (Tundo, 2022). Jadi Tabel 3 adalah aturan yang akan digunakan dalam perhitungan prediksi produksi genteng.

Tabel 3. Aturan yang digunakan

No	Tanah	Permintaan	Persediaan	Produksi
1	Sedikit	Sedikit	Sedikit	Sedikit
2	Sedikit	Banyak	Banyak	Sedikit
3	Sedikit	Sedikit	Banyak	Sedikit
4	Sedikit	Banyak	Sedikit	Banyak
5	Banyak	Sedikit	Sedikit	Banyak
6	Banyak	Sedikit	Banyak	Sedikit
7	Banyak	Sedikit	Banyak	Banyak
8	Banyak	Banyak	Sedikit	Banyak

FIS Mamdani

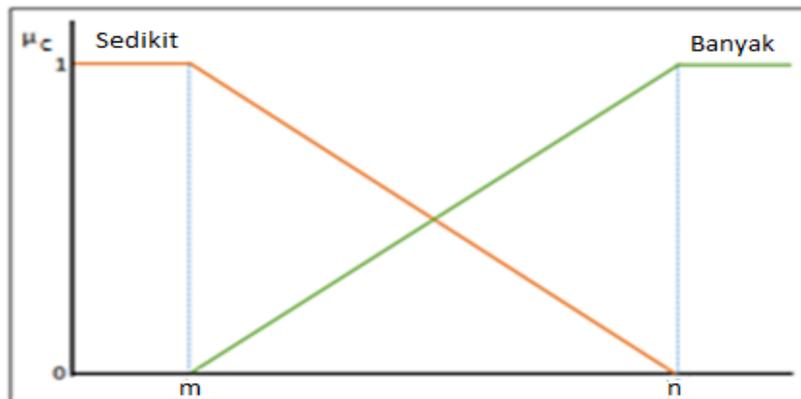
FIS Mamdani adalah metode yang juga sering disebut metode Max-Min (Donda, Montolalu, & Rindengan, 2018), yang dikenalkan pada tahun 1975 oleh Ebrahim Mamdani (Tuan et al., 2020). Adapun tahapan dalam metode ini terdapat 4 proses untuk mendapatkan *output*, yaitu:

Pembentukan himpunan *fuzzy*

Proses ini membutuhkan model aturan yang harus ada (Tundo, 2020), seperti himpunan *fuzzy*, representasi fungsi keanggotaan dan domain. Penelitian ini mengimpelentasikannya konsep berdasarkan pada Tabel 4, yang berupa aturan, kriteria dalam himpunan *fuzzy*, dan representasi fungsi keanggotaan seperti Gambar 1.

Tabel 4. Model Aturan Himpunan *Fuzzy*

Parameter	Kriteria	Himpunan Fuzzy	Domain
Input	Tanah	Sedikit, Banyak	[15400 – 62000]
	Pemintaan	Sedikit, Banyak	[14230 – 35370]
	Persediaan	Sedikit, Banyak	[95 – 875]
Output	Produksi	Sedikit, Banyak	[12780– 34500]



Gambar 1. Fungsi Keanggotaan

$$\mu_{[c]}(x) \begin{cases} 0 & x \geq n \\ \frac{n-x}{n-m} & m \leq x \leq n \\ 1 & x \leq m \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{[c]}(x) \begin{cases} 0 & x \leq m \\ \frac{x-m}{n-m} & m \leq x \leq n \\ 1 & x \geq n \end{cases} \quad (2)$$

Aplikasi Fungsi Implikasi

Metode FIS Mamdani dalam penerapan konsep ini menggunakan fungsi implikasi Min (Batubara, 2017). Bentuk fungsi ini adalah *if.....then....* dan menggunakan operasi AND.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (3)$$

dengan:

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

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

Komposisi Aturan

Komposisi aturan dalam penelitian ini, menggunakan metode Max (*Maximum*). Solusi himpunan *fuzzy* dihasilkan dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, lalu digunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* (Maibang & Husein, 2019), dan kemudian mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (Fathimah, 2017). Jika proposisi semuanya telah dievaluasi, maka *outputnya* berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi (Nurhayati & Immanudin, 2019). Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf[xi]} \leftarrow \max(\mu_{sf[xi]}, \mu_{kf[xi]}) \quad (4)$$

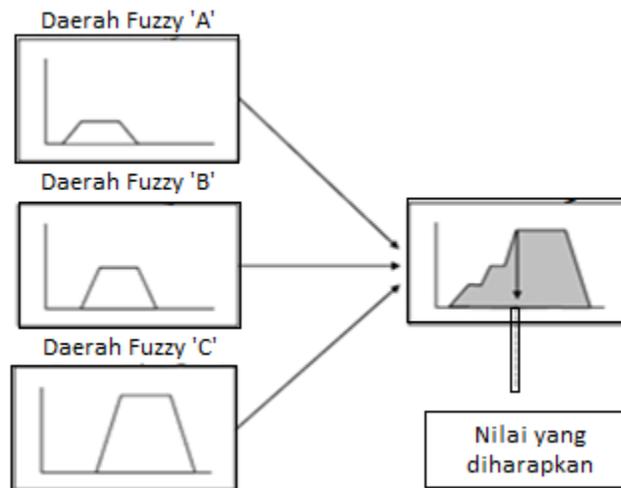
dengan:

$\mu_{sf[xi]}$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf[xi]}$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i;

Penegasan (*Defuzzy*)

Pada tahap ini himpunan *fuzzy* dari hasil komposisi aturan menjadi *input* dalam proses defuzzifikasi (Kartika, Sovia, & Sandawa, 2018). Outputnya adalah suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output* seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Contoh Output Daerah Fuzzy

Metode defuzzifikasi yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode *centroid (composite moment)*, dimana solusi *crisp* diperoleh dengan mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int_z^n z\mu(z)dz}{\int_z^n \mu(z)dz} \quad (5)$$

Akurasi

Akurasi pada tahap ini digunakan untuk mengecek tingkat keberhasilan dari sebuah metode yang telah digunakan (Hamsa, Indiradevi, & Kizhakkethottam, 2016). Dalam metode ini perhitungan akurasi menggunakan metode *Average Forecasting Error Rate (AFER)* dengan rumus:

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

Dimana A_i adalah data sesungguhnya pada data dan F_i adalah nilai hasil prediksi untuk data ke- i . Adapun n adalah banyaknya data (Tuan et al., 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan *Fuzzy Inference System Mamdani*

Berikut contoh perhitungan prediksi jumlah produksi manual dengan menggunakan FIS Mamdani berdasarkan pada data uji, dimana yang akan dijadikan contoh perhitungan manualnya yaitu, pada bulan Agustus 2022, dengan persediaan tanah

sebanyak 49.000 Kg, permintaan sebesar 27.790, dan persediaan yang ada sebanyak 220.

Langkah 1:

Menentukan kriteria variabel yang terkait untuk proses fuzzifikasi.

Tanah (p), terdiri atas 2 himpunan *fuzzy*, yaitu SEDIKIT dan BANYAK (Mustika Sari, Ginardi, & Faticah, 2017). Berdasarkan dari Tabel 3, maka fungsi keanggotaan tanah yang tersedia dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{\text{tanah-sedikit}}[p] = \begin{cases} 0, & p \geq 62.000 \\ \frac{62.000-p}{62.000-15.400}, & 15.400 \leq p \leq 62.000 \\ 1, & p \leq 15.400 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{tanah-banyak}}[p] = \begin{cases} 0 & p \leq 15.400 \\ \frac{p-15.400}{62.000-15.400}, & 15.400 \leq p \leq 62.000 \\ 1 & p \geq 62.000 \end{cases}$$

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

$$\mu_{\text{permintaan-sedikit}}[q] = \begin{cases} 0, & q \geq 35.370 \\ \frac{35.370-q}{35.370-14.230}, & 14.230 \leq q \leq 35.370 \\ 1, & q \leq 14.230 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{permintaan-banyak}}[q] = \begin{cases} 0 & q \leq 14.230 \\ \frac{q-14.230}{35.370-14.230}, & 14.230 \leq q \leq 35.370 \\ 1 & q \geq 35.370 \end{cases}$$

Persediaan (r), terdiri atas 2 himpunan *fuzzy*, yaitu SEDIKIT dan BANYAK. Berdasarkan dari Tabel 3, maka fungsi keanggotaan persediaan dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{\text{persediaan-sedikit}}[r] = \begin{cases} 0, & r \geq 875 \\ \frac{875-r}{875-95}, & 95 \leq r \leq 875 \\ 1, & r \leq 95 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{persediaan-banyak}}[r] = \begin{cases} 0 & r \leq 95 \\ \frac{r-95}{875-95}, & 95 \leq r \leq 875 \\ 1 & r \geq 875 \end{cases}$$

Produksi (z), terdiri atas 2 himpunan *fuzzy*, yaitu *SEDIKIT* dan *BANYAK*. Berdasarkan dari Tabel 3, maka fungsi keanggotaan produksi dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{produksi-sedikit}[z]: \begin{cases} 0, & z \geq 34.500 \\ \frac{34.500 - z}{34.500 - 12.780}, & 12.780 \leq z \leq 34.500 \\ 1, & z \leq 12.780 \end{cases}$$

$$\mu_{produksi-banyak}[z]: \begin{cases} 0 & z \leq 12.780 \\ \frac{z - 12.780}{34.500 - 12.780}, & 12.780 \leq z \leq 34.500 \\ 1 & z \geq 34.500 \end{cases}$$

Jika diketahui tanah yang tersedia sebesar 49.000 Kg, permintaan sebesar 27.790, dan persediaan yang ada sebanyak 220, maka:

$$\mu_{tanah-sedikit}[49000] = \frac{62000-49000}{46600} = 0,2790$$

$$\mu_{tanah-banyak}[49000] = \frac{49000-15400}{46600} = 0,7210$$

$$\mu_{permintaan-sedikit}[27790] = \frac{35370-27790}{21140} = 0,3586$$

$$\mu_{permintaan-banyak}[27790] = \frac{27790-14230}{21140} = 0,6414$$

$$\mu_{persediaan-sedikit}[220] = \frac{875-220}{780} = 0,8397$$

$$\mu_{persediaan-banyak}[220] = \frac{220-95}{780} = 0,1603$$

Langkah 2:

Aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN, pada setiap aturannya:

R1: IF Tanah Sedikit AND Permintaan Sedikit AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Sedikit

$$\alpha_{predikat1} = \mu_{tanah-sedikit} \cap \mu_{permintaan-sedikit} \cap \mu_{persediaan-sedikit} = \min(0,2790; 0,3586; 0,8397) = 0,2790$$

R2: IF Tanah Sedikit AND Permintaan Banyak AND Persediaan Banyak THEN Produksi Sedikit

$$\alpha_{pred2} = \mu_{tanah-sedikit} \cap \mu_{permintaan-banyak} \cap \mu_{persediaan-banyak} = \min(0,2790; 0,6414; 0,1603) = 0,1603$$

R3: IF Tanah Sedikit AND Permintaan Sedikit AND Persediaan Banyak THEN Produksi Sedikit

$$\alpha_{pred3} = \mu_{tanah-sedikit} \cap \mu_{permintaan-sedikit} \cap \mu_{persediaan-banyak} = \min(0,2790 ; 0,3586; 0,1603) = 0,1603$$

R4: IF Tanah Sedikit AND Permintaan Banyak AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Banyak

$$\begin{aligned}\alpha_{-pred4} &= \mu_{tanah-sedikit} \cap \mu_{permintaan-banyak} \cap \mu_{persediaan-sedikit} \\ &= \min(0,2790 ; 0,6414 ; 0,8397) = 0,2790\end{aligned}$$

R5: IF Tanah Banyak AND Permintaan Sedikit AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Banyak Page | 129

$$\begin{aligned}\alpha_{-pred5} &= \mu_{tanah-banyak} \cap \mu_{permintaan-sedikit} \cap \mu_{persediaan-sedikit} \\ &= \min(0,7210 ; 0,3586 ; 0,8397) = 0,3586\end{aligned}$$

R6: IF Tanah Banyak AND Permintaan Sedikit AND Persediaan Banyak THEN Produksi Sedikit

$$\begin{aligned}\alpha_{-pred6} &= \mu_{tanah-banyak} \cap \mu_{permintaan-sedikit} \cap \mu_{persediaan-banyak} \\ &= \min(0,7210 ; 0,3586 ; 0,1603) = 0,1603\end{aligned}$$

R7: IF Tanah Banyak AND Permintaan Sedikit AND Persediaan Banyak THEN Produksi Banyak

$$\begin{aligned}\alpha_{-pred7} &= \mu_{tanah-banyak} \cap \mu_{permintaan-sedikit} \cap \mu_{persediaan-banyak} \\ &= \min(0,7210 ; 0,3586 ; 0,1603) = 0,1603\end{aligned}$$

R8: IF Tanah Banyak AND Permintaan Banyak AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Banyak

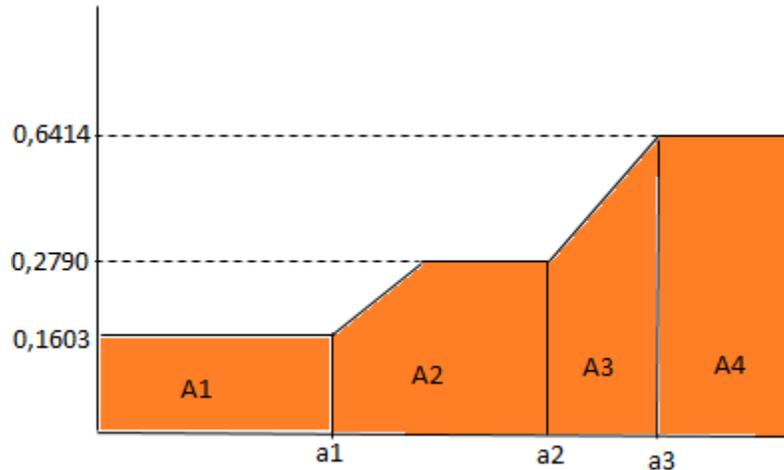
$$\begin{aligned}\alpha_{-pred8} &= \mu_{tanah-banyak} \cap \mu_{permintaan-banyak} \cap \mu_{persediaan-sedikit} \\ &= \min(0,7210 ; 0,6414 ; 0,8397) = 0,6414\end{aligned}$$

R9: IF Tanah Banyak AND Permintaan Banyak AND Persediaan Banyak THEN Produksi Sedikit

$$\begin{aligned}\alpha_{-pred9} &= \mu_{tanah-banyak} \cap \mu_{permintaan-banyak} \cap \mu_{persediaan-banyak} \\ &= \min(0,7210 ; 0,6414 ; 0,1603) = 0,1603\end{aligned}$$

Langkah 3:

Komposisi antar aturan, dilakukan dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, digunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua aturan. Hasilnya seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Daerah Hasil Komposisi

Pada Gambar 3, daerah hasil komposisi terbagi menjadi 4 bagian, yaitu A1, A2, A3 dan A4. Agar dapat menemukan fungsi keanggotaan dari daerah hasil komposisi, maka perlu dicari nilai a_1 , a_2 dan a_3 .

$$\frac{a_1 - 12780}{21720} = 0,1603$$

$$a_1 = (0,1603 \times 21720) + 12780$$

$$a_1 \approx 16261$$

$$\frac{a_2 - 12780}{21720} = 0,2790$$

$$a_2 = (0,2790 \times 21720) + 12780$$

$$a_2 \approx 18839$$

$$\frac{a_3 - 12780}{21720} = 0,6414$$

$$a_3 = (0,6414 \times 21720) + 12780$$

$$a_3 \approx 26712$$

Sehingga fungsi keanggotaan untuk hasil komposisinya adalah:

$$\mu_{[z]} = \begin{cases} 0,1603, & z \leq 16261 \\ \frac{z - 12780}{21720}, & 16261 \leq z \leq 18839 \\ \frac{z - 12780}{21720}, & 18839 \leq z \leq 26712 \\ 0,6414, & z \geq 26712 \end{cases}$$

Langkah 4:

Melakukan defuzzifikasi dengan menggunakan metode *centroid (composite moment)*, tetapi perlu mencari nilai momen untuk setiap daerah pada A1, A2, dan A3.

$$M_1 = \int_0^{16261} (0,1603)z \, dz$$

$$= 0,1603 z^2 \Big|_0^{16261} = 21.186.908$$

$$M_2 = \int_{16261}^{18839} \left(\frac{z-12780}{21720} \right) z dz$$

$$= 75.988.232$$

$$M_3 = \int_{18839}^{26712} \left(\frac{z-12780}{21720} \right) z dz$$

$$= 21.827.206$$

$$M_4 = \int_{26712}^{34500} (0,6414)z dz$$

$$= 15.289.283$$

Selanjutnya menghitung luas setiap daerah:

$$A_1 = 16261 * 0,1603 = 2606$$

$$A_2 = (0,1603+0,6414) * (18839 - 16261)/2 = 1034$$

$$A_3 = (0,1603+0,6414) * (26712 - 18839)/2 = 3156$$

$$A_4 = (34500 - 26712) * 0,6414 = 4995$$

Jadi titik pusat dapat diperoleh dari:

$$z = \frac{21.186.908+75.988.232+21.827.206+15.289.283}{2606+1034+3156+4995}$$

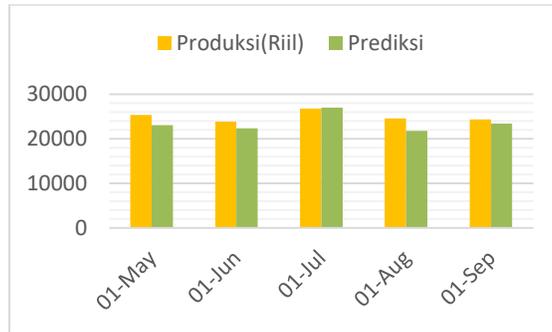
$$\approx 23.060$$

Setelah keseluruhan dari data uji pada bulan Mei sampai dengan September 2022 dihitung, maka dihasilkan prediksi produksi genteng yang terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Prediksi Data Uji

Tanah	Permintaan	Persediaan	Prediksi Produksi
49000	27790	220	23060
55000	32560	260	22360
48000	32120	340	27011
56000	32740	300	21790
53000	32600	350	23426

Hasil prediksi dibandingkan secara langsung dengan produksi sesungguhnya, secara detail terlihat pada Gambar 4. Hasil produksi riil ditunjukkan dengan diagram batang warna kuning, sedangkan prediksi ditunjukkan dengan warna hijau. Prediksi memiliki nilai kurang dan mendekati nilai riilnya.



Gambar 4. Perbandingan Hasil Prediksi

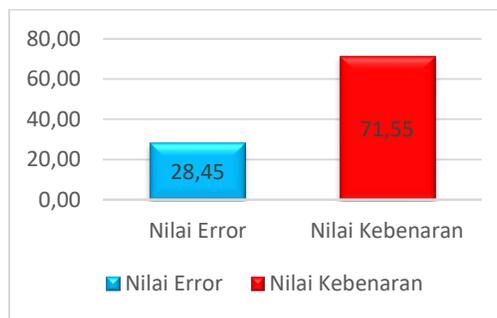
Analisis Hasil Perbandingan

Hasil perbandingan prediksi (Tabel 5) diuji menggunakan metode *Average Forecasting Error Rate (AFER)*. Nilai yang diperoleh memiliki nilai error dan kebenaran seperti pada Tabel 6 dan Gambar 5.

Tabel 5. Hasil Prediksi Data Uji

Tanah	Permintaan	Persediaan	Produksi Riil (A)	Prediksi Produksi (F)	A-F	A-F /A
49000	27790	220	25360	23060	2300	0,090694
55000	32560	260	23910	22360	1550	0,064826
48000	32120	340	26830	27011	181	0,006746
56000	32740	300	24600	21790	2810	0,114228
53000	32600	350	24400	23426	974	0,039918
Rata-rata						0,284478
Dalam Persen						28,45%

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai error dengan AFER sebesar 28,45%, sehingga akurasi kebenaran yang didapat sebesar 71,55 %. Secara grafik terlihat pada Gambar 5, berikut ini.



Gambar 5. Nilai Akurasi Prediksi

SIMPULAN

Hasil penelitian membuktikan bahwa FIS Mamdani mampu memprediksi produksi genteng di TH ABADI Kebumen. Adapun hasil perbandingan prediksi dengan produksi sesungguhnya dari genteng pada bulan May sampai dengan September tahun 2022 dengan metode AFER memiliki persentase *error* sebesar 28,45% dengan nilai kebenaran 71,55%. Semua hasil prediksi terhadap produksi sesungguhnya tidak ada yang melebihi, sehingga dapat diasumsikan bahwa metode FIS Mamdani merupakan metode yang optimum dalam memberikan perkiraan prediksi. Dikatakan optimum karena semua kebutuhan permintaan pelanggan terpenuhi, baik dihasilkan oleh prediksi produksi itu sendiri atau hasil prediksi dijumlahkan dengan data persediaan, serta semua prediksi mendekati dari produksi sesungguhnya. Penelitian ini juga melibatkan kepakaran secara langsung dari ahli produksi genteng dengan memberikan revisi dari aturan monoton yang terbentuk, dengan tujuan agar aturan yang digunakan sesuai dengan keadaan sebenarnya.

REFERENSI

- Batubara, S. (2017). Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan. *It Journal Research and Development*, 2(1), 1–11. [https://doi.org/10.25299/itjrd.2017.vol2\(1\).644](https://doi.org/10.25299/itjrd.2017.vol2(1).644)
- Djunaidi, M. (2005). Penentuan Jumlah Produksi Dengan. *Jurnal Ilmiah Teknik Insudtri*, 4(2), 95–104.
- Donda, T. B., Montolalu, C., & Rindengan, A. J. (2018). Prediksi Jumlah Produksi Mebel Pada CV. Sinar Sukses Manado Menggunakan Fuzzy Inference System. *D’CARTESIAN*, 7(1), 35. <https://doi.org/10.35799/dc.7.1.2018.19552>
- Elfajar, A. B., Setiawan, B. D., & Dewi, C. (2017). Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya*, 1(2), 85–94.
- Fathimah, S. (2017). Penentuan Jumlah Permintaan Obat Pada Kantor Kepolisian Resort Kota Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani. *JUTISI Vol. 6, No. 3, 6(3)*, 1629–1638.
- Hamsa, H., Indiradevi, S., & Kizhakkethottam, J. J. (2016). Student Academic Performance Prediction Model Using Decision Tree and Fuzzy Genetic Algorithm. *Procedia Technology*, 25, 326–332. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.114>
- Herawati, M., Mukhlash, I., & Wibowo, I. L. (2016). PREDIKSI CUSTOMER CHURN MENGGUNAKAN ALGORITMA FUZZY ITERATIVE DICHOTOMISER 3. *J.Math.and Its Appl*, 13(1), 23–36.

- Hermawan, H., & Fikri, M. A. (2020). Kinerja Termal Rumah Berdinding Kayu, Atap Genteng Dan Lantai Tanah Di Tropis Hangat. *Jurnal Ilmiah Arsitektur*, 10(2), 54–60. <https://doi.org/10.32699/jiars.v10i2.1619>
- Hidayati, J., Sukardi, Ani, S., Sugiharto, & Fauzi, A. M. (2013). Optimization of Business Partners Feasibility for Oil Palm Revitalization Using Fuzzy Approach. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 3(2), 29–35.
- Kartika, D., Sovia, R., & Sandawa, H. M. (2018). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Memprediksi Angka Penjualan Token Berdasarkan Persediaan Dan Jumlah. *Jurnal KomTekInfo*, 5(1), 81–95.
- Maibang, C. P. P., & Husein, A. M. (2019). Prediksi Jumlah Produksi Palm Oil Menggunakan Fuzzy Inference System Mamdani. *Jurnal Teknologi Dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP)*, 2(2), 19. <https://doi.org/10.34012/jutikomp.v2i2.528>
- Mujahid, T. A., & Sela, E. I. (2019). Analisis Perbandingan Rule Pakar dan Decision Tree J48 Dalam Menentukan Jumlah Produksi Kain Tenun Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 6(5), 501–505.
- Mustika Sari, S. D. P., Ginardi, H., & Fatichah, C. (2017). Penentuan Harga dengan Menggunakan Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto Pada Rancang Bangun Aplikasi “Finding-Tutor.” *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24123>
- Nurhayati, S., & Immanudin, I. (2019). Penerapan Logika Fuzzy Mamdani Untuk Prediksi Pengadaan Peralatan Rumah Tangga Rumah Sakit. *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, 8(2), 81–87. <https://doi.org/10.34010/komputika.v8i2.2254>
- Sugiyarto, S., Eliyanto, J., Irsalinda, N., Putri, Z., & Fitriawan, M. (2021). A Fuzzy Logic in Election Sentiment Analysis: Comparison Between Fuzzy Naïve Bayes and Fuzzy Sentiment using CNN. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*, 5(1), 110. <https://doi.org/10.31764/jtam.v5i1.3766>
- Tseng, T. L. (Bill), Konada, U., & Kwon, Y. (James). (2016). A novel approach to predict surface roughness in machining operations using fuzzy set theory. *Journal of Computational Design and Engineering*, 3(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jcde.2015.04.002>
- Tuan, T. M., Lan, L. T. H., Chou, S. Y., Ngan, T. T., Son, L. H., Giang, N. L., & Ali, M. (2020). M-CFIS-R: Mamdani complex fuzzy inference system with rule reduction using complex fuzzy measures in granular computing. *Mathematics*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/MATH8050707>
- Tundo. (2020). PREDIKSI PRODUKSI MINYAK KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO DENGAN RULE YANG TERBENTUK MENGGUNAKAN DECISION TREE REPTREE. *JANAPATI*, 9(2), 253–265.

- Tundo, Akbar, R., & Sela, E. I. (2020). Analisis Perbandingan Fuzzy Tsukamoto Dan Sugeno Dalam Menentukan Jumlah Produksi Kain Tenun Menggunakan Base Rule Decision Tree. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 7(1), 171–180. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202071751>
- Tundo, T. (2021). Kinerja Logika Fuzzy Sugeno dalam Menangani Prediksi Kain Tenun dengan Kombinasi Random Tree dalam Membangun Rule. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 10(2), 67. <https://doi.org/10.23887/janapati.v10i2.29081>
- Tundo, T. (2022). Subjectivity Tracking System for Poor Scholarship Recipients at Elementary School Using the MOORA Method. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*, 6(3), 498–510.
- Tundo, T., & 'Uyun, S. (2020). Penerapan Decision Tree J48 dan Reptree dalam Menentukan Prediksi Produksi Minyak Kelapa Sawit menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 7(3), 483. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020731870>
- Tundo, T., & 'Uyun, S. (2022). Konsep Decision Tree Reptree Untuk Melakukan Optimasi Rule Dalam Fuzzy Inference System Tsukamoto. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 9(3). <https://doi.org/10.25126/jtiik.202292601>
- Tundo, T., & Saifullah, S. (2022). Fuzzy Inference System Mamdani Dalam Prediksi Produksi Kain Tenun Menggunakan Rule Berdasarkan Random Tree. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 9(3), 443–452. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202294212>
- 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>
- Wati, R., Rohmah, M., & Rahmadani, R. (2021). Pengaruh Ketersediaan Bahan Baku Terhadap Pendapatan Pengrajin Genteng Di Desa Gedung Rejo Bk Ix Belitang Oku Timur. *UTILITY: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dan Ekonomi*, 5(01), 24–34. <https://doi.org/10.30599/utility.v5i01.1168>