

ANALISIS PERBANDINGAN FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI DAN FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO DALAM PENENTUAN JUMLAH PRODUKSI PADA UD. BATAKO “CABANG FARMASI” KUPANG

Grandianus Seda Mada¹, Maria Lobo², Rapmaida Megawati Pangaribuan²

¹Program Studi Matematika, Fakultas Pertanian, Universitas Timor

²Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Email korespondensi: grandianusmada@unimor.ac.id

ABSTRAK

Perencanaan produksi merupakan area yang sangat penting dalam pengambilan keputusan tingkat strategi perusahaan, terutama di perusahaan manufaktur. Permasalahan yang sering muncul dalam perencanaan produksi adalah faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan produksi dan ketidakpastian yang seringkali menyulitkan pengambilan keputusan dalam proses produksi. Teori himpunan fuzzy merupakan salah satu metode untuk analisis sistem tidak pasti yang memiliki lebih dari satu metode dalam perhitungan hasil estimasi suatu kasus. Penelitian ini membahas penerapan *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto dan *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani bagi pengambilan keputusan dalam menentukan jumlah produksi salah satu material infrastruktur paling penting di Kota Kupang yaitu batako. Pada dasarnya estimasi jumlah produksi batako di perusahaan belum menggunakan metode prediksi apapun, terutama metode teori himpunan fuzzy. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan solusi dengan cara membandingkan FIS Tsukamoto dengan FIS Mamdani dalam kasus memperkirakan jumlah produksi batako di UD. Batako “Cabang Farmasi” dan menentukan metode manakah yang lebih baik. Prediksi diperlukan untuk menunjang sistem produksi guna memenuhi permintaan konsumen. Variabel yang digunakan yaitu data bahan baku berupa air, semen dan tanah putih, data biaya produksi, data permintaan, data stok dan jumlah produksi sebagai output yang akan diprediksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang paling mendekati data aktual adalah metode Mamdani dengan tingkat ketelitian sebesar 99,96%. Selanjutnya dengan metode tersebut dilakukan prediksi untuk 1 bulan kedepan dengan sebelumnya dilakukan peramalan terhadap jumlah permintaan dengan menggunakan metode ARIMA dari Box-Jenkins. Dari hasil peramalan diperoleh jumlah permintaan untuk periode September 2021 sebesar 47.650 batako dan yang harus diproduksi oleh pihak UD adalah sebanyak 46.700 batako. Metode-metode yang digunakan pada penelitian ini diharapkan dapat membantu proses pengambilan keputusan yang lebih baik dalam proses produksi dan manufaktur secara umum.

Kata kunci: *Fuzzy*, Mamdani, Tsukamoto, ARIMA.

ABSTRACT

Production planning is an area that is very important on the corporate strategy-level decision making, especially in the manufacturing companies. The problems that often arise in the production planning are the factors that affect the decline of production and uncertainty that often complicate the decision-making in the production process. Fuzzy set theory is one of the methods for the analysis of uncertain systems that has more than one method in the calculation of the estimated results of a case. This paper discusses the application of Tsukamoto's Fuzzy Inference System (FIS) and Mamdani's Fuzzy Inference System (FIS) for decision making in production one of important infrastructure materials in Kupang City that is bricks. Basically, the estimated number of bricks production at the company has not used any prediction methods, especially the method of fuzzy set theory. The purpose of this study is to provide a solution by comparing the Tsukamoto's FIS and the Mamdani's FIS in the case of estimating the bricks production at the company and determining which method is better. Prediction is necessary to support the production system in order to fulfil the customers demand. The variables used are the data of raw materials such as water, cement and white soil, the data of production costs, demand data, stock data and the number of production as an output to be predicted. The results showed that the method that is closest to the actual data is the Mamdani's FIS with an accuracy level of 99,96%. Furthermore, when this method predictions are made for the next months with previously forecasting the number of demand using the ARIMA method from Box-Jenkins. From the forecasting results, the number of bricks demand for September 2021 period is 46.650 bricks and

the number of production that must be done by company is 46.700 bricks. These methods used in this paper are expected to help a better decision-making process in the production process and manufacturing generally.

Keyword: Fuzzy, Mamdani, Tsukamoto, ARIMA.

PENDAHULUAN

Konsep himpunan Fuzzy diperkenalkan pertama kali oleh Prof. Lofti A. Zadeh dari California University USA pada tahun 1965 [1]. Teori himpunan Fuzzy diperkenalkan dengan berbagai macam cara ke dalam berbagai macam disiplin ilmu, sehingga aplikasi teori ini dapat ditemukan dalam kecerdasan buatan, ilmu komputer, teknik kendali, teori pengambilan keputusan, ilmu manajemen, robotika, dan lain-lain.

Saat ini, penggunaan terbesar teori himpunan Fuzzy terdapat pada sistem pakar Fuzzy (*Fuzzy expert system*). Penerapan teori himpunan fuzzy pada sistem pakar fuzzy mencakup beberapa bidang, antara lain aplikasi teknik, pengenalan pola, aplikasi media dan aplikasi finansial [2]. Misalkan pada kasus finansial, pada era globalisasi saat ini, sebuah perusahaan dituntut selalu berupaya untuk memiliki kompetensi dalam bersaing dengan perusahaan lain. Kompetensi tersebut bertujuan untuk mendapatkan keunggulan bersaing (*competitive advantage*). Salah satu aspek keunggulan bersaing diberbagai bidang khususnya bidang manufaktur di antaranya adalah dapat memenuhi keinginan konsumen terhadap permintaan produk dengan jenis dan dalam jumlah yang senantiasa berubah seiringnya waktu.

Salah satu unit dagang yang berkecimpung dalam bidang manufaktur adalah UD. Batako Cabang Farmasi. Unit dagang yang memproduksi batako dan berlokasi di Jln. Farmasi, Penfui-Kupang ini merupakan 1 dari banyaknya UD yang memproduksi batako di kota Kupang. Unit Dagang ini mempunyai kapasitas produksi mencapai 43.200 batako per bulan namun kenyataan menunjukkan bahwa permintaan konsumen fluktuatif, tidak selalu tetap disetiap periode produksi sehingga memaksa perusahaan harus merencanakan kegiatan produksi sebaik-baiknya. Perusahaan harus bisa mengatasi masalah lonjakan permintaan atau penurunan permintaan serta memperhitungkan bahan baku yang ada sehingga proses produksi tetap berjalan lancar dan perusahaan tidak mengalami kerugian. Dalam kasus ini teori himpunan fuzzy adalah salah satu alat terbaik untuk menangani ketidakpastian. Teori himpunan fuzzy diaplikasikan pada masalah penentuan jumlah produksi karena adanya ketidakjelasan dan ketidaktepatan informasi. Metode inferensi yang dapat digunakan dalam pengaplikasian teori himpunan Fuzzy pada masalah penentuan jumlah produksi antara lain adalah Metode Mamdani dan Metode Tsukamoto [2]. [3] telah memaparkan tentang algoritma

pengambilan keputusan pada metode inferensi fuzzy model Mamdani dan model Tsukamoto.

Dalam tulisan ini, akan diaplikasikan metode inferensi model Mamdani dan model Tsukamoto untuk menentukan jumlah produksi batako di UD. Batako Cabang Farmasi Kupang. Kemudian akan ditentukan metode mana yang paling baik dengan melihat ukuran *Mean Absolute Percentage Error* dari masing-masing metode. Dalam menentukan keputusan akhir mengenai jumlah batako yang diproduksi terdapat beberapa variabel yang diperhitungkan sebagai input informasi yaitu data bahan baku berupa air, semen dan tanah putih, data biaya produksi, data permintaan dan data stok batako. Sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan kemudian dilakukan prediksi produksi jumlah batako beberapa bulan kedepan dengan sebelumnya melakukan peramalan jumlah permintaan dengan metode ARIMA Box-Jenkins [4].

DASAR TEORI

Himpunan Fuzzy

Dalam [1] telah dipaparkan bahwa Konsep himpunan Fuzzy diperkenalkan pertama kali oleh Prof. Lofti A. Zadeh dari California University USA pada tahun 1965 dengan definisi sebagai berikut.

Definisi 1. Diberikan X himpunan semesta. Himpunan bagian fuzzy A dari X adalah himpunan bagian dari X yang keanggotaannya didefinisikan melalui ungsi keanggotaan (*membership function*) sebagai berikut:

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1]$$

yang menghubungkan setiap $x \in X$ ke bilangan real $\mu_A(x)$ pada interval $[0,1]$ dengan nilai

$\mu_A(x)$ di x menunjukkan derajat keanggotaan x dalam A . Himpunan fuzzy A ditulis sebagai berikut:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

dengan $(x, \mu_A(x))$ menyatakan elemen x mempunyai derajat keanggotaan $\mu_A(x)$.

Fungsi Keanggotaan

Terdapat 3 fungsi keanggotaan linear yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

a. Fungsi keanggotaan yang merupakan representasi kurva linear naik.

Definisi 2. Fungsi keanggotaan kurva linear naik (*parameter (a,b)*):

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & , x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & , a < x < b \\ 1 & , x \geq b \end{cases}$$

Untuk lebih jelasnya, bentuk geometris dari fungsi ini dapat dilihat pada Gambar 1(a).

b. Fungsi keanggotaan yang merupakan representasi kurva linear turun.

Definisi 3. Fungsi keanggotaan linear turun (parameter (a,b)):

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & , x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} & , a < x < b \\ 0 & , x \geq b \end{cases}$$

Untuk lebih jelasnya, bentuk geometris dari

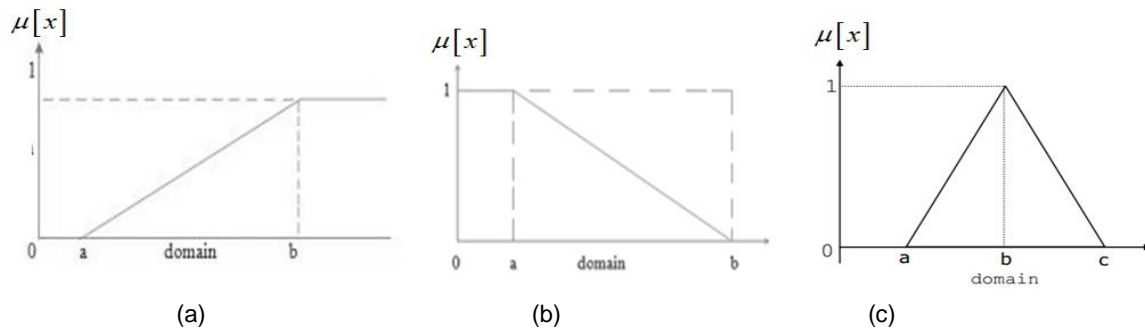
fungsi ini dapat dilihat pada Gambar 1(b).

c. Fungsi keanggotaan yang merupakan representasi kurva segitiga.

Definisi 4. Fungsi keanggotaan segitiga (parameter (a,b,c)):

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

Untuk lebih jelasnya, bentuk geometris dari fungsi ini dapat dilihat pada Gambar 1(c).



Gambar 1. (a) Fungsi Keanggotaan Kurva Linear Naik, (b) Fungsi Keanggotaan Kurva Linear Turun, (c) Fungsi Keanggotaan Kurva Segitiga

Tahap Fuzzy Inference System

Secara garis besar untuk perancangan suatu sistem Fuzzy perlu dilakukan beberapa tahapan yaitu:

1. Fuzzifikasi; merupakan proses untuk mengubah variabel *non fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik) menggunakan fungsi keanggotaan yang telah disusun
2. Tahap *Inferencing (Rule Base)*. Pada tahap ini dibuat aturan-aturan yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan output terhadap sistem *fuzzy*. Aturan yang dimaksud berbentuk *If...And...Then...* yang merupakan kombinasi dari variabel input dan variabel output.
3. Defuzzifikasi; merupakan proses perubahan data-data *fuzzy* menjadi data-data numerik sebagai keputusan akhir

Fuzzy Inference System (FIS)

Inferensi *fuzzy* merupakan proses memetakan ruang masukan yang diberikan kedalam ruang keluaran menggunakan teori himpunan *fuzzy*. Dari proses pemetaan ini dapat dilihat dasar dari keputusan yang dibuat atau dapat dilihat pola yang ada. Pada penelitian ini

akan dibandingkan tingkat produksi bulanan waktu lampau dengan tingkat produksi yang diperoleh dengan pendekatan metode FIS Mamdani dan metode FIS Tsukamoto. Dari sini kemudian akan dipilih model terbaik yang nantinya akan digunakan untuk memprediksi tingkat produksi untuk periode yang akan datang.

1. *Fuzzy Inference System Tsukamoto*

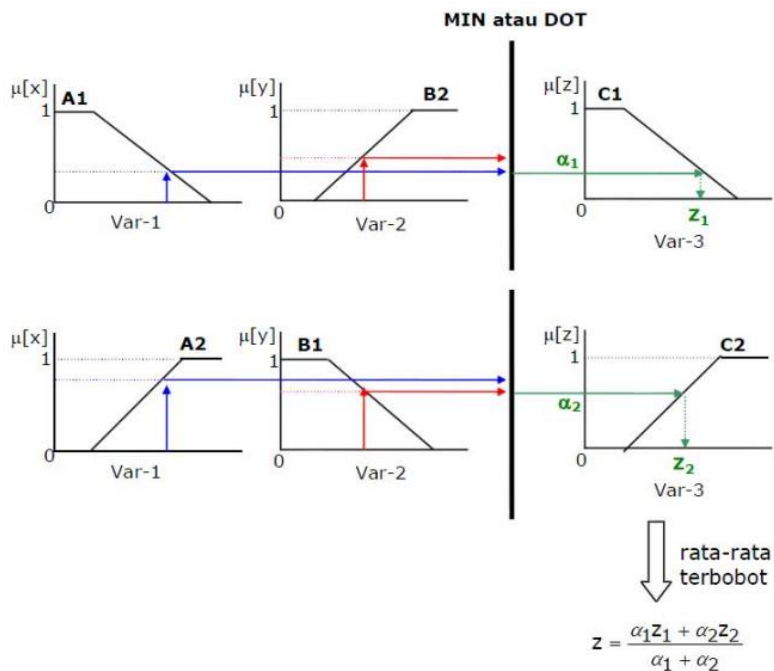
Pada metode penarikan kesimpulan samar Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-AND-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan samar dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil penarikan kesimpulan (*inference*) dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata berbobot (*weight average*) sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha - \text{predikat}_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha - \text{predikat}_i}$$

serta memiliki kejelasan pada fungsi keanggotaan.

Proses yang dilakukan pada inferensi

Tsukamoto dapat dilihat pada Gambar 2 [5].



Gambar 2. Representasi Geometris Metode Inferensi Tsukamoto dengan dua input – satu output.

2. Fuzzy Inference System Mamdani

Pada metode ini, jika daerah *fuzzy* merupakan gabungan dari beberapa *rules* (aturan) maka sebelumnya digunakan metode MIN dengan operator “and” untuk mencari daerah yang mewakili masing-masing *rules* dan kemudian dengan metode MAX (operator “or”) ditentukan gabungan dari semua daerah *fuzzy* yang mewakili setiap *rules* yang terkait baru setelah itu digunakan metode *centroid* sebagai berikut

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)}$$

dalam proses defuzzyfikasi untuk mencari titik pusat dari gabungan daerah-daerah *fuzzy* tersebut. Namun jika daerah *fuzzy* merupakan daerah dari 1 *rule* (aturan) saja maka cukup mencari titik pusatnya dengan metode MIN.

ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

Model-model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) telah dipelajari secara mendalam oleh George Box Jenkins (1976) dan nama mereka disinonimkan dalam proses ARIMA yang kini disebut dengan metode Box-Jenkins, dan metode ini diterapkan untuk peramalan dan pengendalian. Model ARIMA merupakan model campuran antara proses *Autoregressive* $Ar(p)$ dan *Moving Average* $(MA)q$ setelah adanya perbedaan dari data nonstasioner menjadi

stasioner. Maka model ARIMA (p, d, q) dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$X_t = \mu + a_1 X_{t-1} + \dots + a_p X_{t-p} - b_1 e_{t-1} + \dots + b_q e_{t-q} + e_t$$

Keterangan:

X_t = Data period ke-t

a_p = Parameter *Autoregressive* ke-p

b_q = Parameter *Moving Average* ke-q

e_t = Nilai kesalahan pada waktu t

Berikut tahap-tahap dalam menentukan model ARIMA terbaik yang diajukan oleh Box-Jenkins:

1. Tahap Identifikasi
Tahap ini dilakukan pengidentifikasian jenis model yang dianggap paling sesuai.
2. Tahap Penaksiran dan pengujian
Langkah selanjutnya adalah dilakukan penaksiran terhadap parameter-parameter dalam model dan melakukan *diagnose checking* untuk menyelidiki kelayakan dari model.
3. Tahap Penerapan
Setelah mendapat model yang layak atau sesuai langkah terakhir dalam analisis runtun waktu adalah melakukan peramalan.

METODE Lokasi Penelitian

Penelitian terhadap tingkat produksi batu batako dilakukan selama 3 bulan (Juni 2021 – Agustus 2021) dan berlokasi di UD. Batako Cabang Farmasi Penfui Kupang, Nusa Tenggara Timur.

Sumber Data

Data yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah data kuantitatif primer yang berasal dari UD. Batako Cabang Farmasi. Data mengenai banyaknya bahan baku pembuatan, data biaya produksi, data tingkat permintaan, data jumlah stok dan tingkat produksi yang diambil adalah data bulanan terhitung dari bulan November 2018 sampai dengan Agustus 2021.

Identifikasi Data

Identifikasi data dilakukan untuk menentukan variabel dan semesta pembicaraan yang diperlukan dalam melakukan perhitungan dan analisis masalah.

Pengolahan Data

1. Menentukan metode FIS terbaik
2. Melakukan peramalan terhadap permintaan
3. Memprediksikan jumlah produksi untuk bulan September 2021

Penarikan Kesimpulan

Metode FIS dan model dikatakan memadai atau baik jika memiliki nilai kesalahan (*error*) prediksi terkecil. Tingkat kesalahan (*error*) ditinjau dari perhitungan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat 2 tahap untuk menentukan jumlah produksi pada UD. Batako Cabang Farmasi yaitu melakukan analisis terhadap 2 metode *Fuzzy Inference System* untuk mengetahui metode yang terbaik, kemudian tahap berikutnya adalah melakukan proses peramalan terhadap

permintaan batako untuk periode mendatang dengan menggunakan metode ARIMA dari Box-Jenkins, yang hasilnya nanti digunakan untuk melakukan prediksi terhadap jumlah produksi beberapa bulan berikutnya.

Tahap 1

Berdasarkan proses pengambilan data mengenai data jumlah produksi batako yang dipengaruhi oleh bahan baku (air, tanah putih dan semen), biaya produksi, permintaan dan stok terhitung, diperoleh data seperti yang disajikan pada Tabel 1.

a. Fuzzifikasi

Tahapan fuzzifikasi secara umum disajikan pada Gambar 3. Setiap variabel (input dan output) terdiri dari tiga himpunan *fuzzy*. Himpunan *Fuzzy Sedikit*, Himpunan *Fuzzy Sedang*, dan Himpunan *Fuzzy Banyak*. Berdasarkan fungsi keanggotaan yang didefinisikan pada Definisi 2, Definisi 3 dan Definisi 4, data *crisp* diubah menjadi data *fuzzy*.

b. Inferencing (Rule Base)

Pada tahap ini dibuat aturan-aturan yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan output terhadap sistem *fuzzy*. Aturan yang dimaksud berbentuk *If...And...Then...* yang merupakan kombinasi dari ke 7 variabel (6 variabel input dan 1 variabel output). Pada tahap pembentukan himpunan *fuzzy*, diketahui bahwa masing-masing variabel mempunyai 3 himpunan *fuzzy* yaitu sedikit, sedang dan banyak. Sehingga banyaknya aturan (*rules*) yang dapat dibuat pada kasus ini diperoleh dari $3^6 = 729$ *rules*. Namun untuk mempermudah perhitungan dan agar *rules* yang dibuat itu lebih representatif maka *rules* tersebut dibuat berdasarkan data yang telah didapat (Tabel 1). Sehingga berdasarkan data yang ada pada Tabel 1 maka dibuatlah 268 *rules* yang telah mewakili setiap keadaan yang mungkin terjadi pada UD. Batako "Cabang Farmasi".

Tabel 1. Data Produksi Batako Pada UD. Batako "Cabang Farmasi" Bulan November 2018 – Agustus 2021

NO.	BULAN	BAHAN BAKU			BIAYA PRODUKSI	PERMINTAAN	STOK	JUMLAH PRODUKSI
		AIR	TANAH PUTIH	SEMEN				
1	Nov-18	13	26	234	15990000	25700	-	27250
2	Des-18	10	23	207	14160000	24450	287	27500
3	Jan-19	11	25	225	15330000	25895	337	28000
4	Feb-19	13	25	225	15430000	25300	42	27300
5	Mar-19	12	21	189	13140000	24865	247	27600
6	Apr-19	11	20	200	13330000	24900	262	27755
7	Mei-19	13	26	260	17030000	26000	362	28000
8	Jun-19	10	25	220	15080000	22015	382	28950
9	Jul-19	10	22	198	13600000	22390	762	21900
10	Agust-19	9	21	200	13430000	25300	272	28100
11	Sep-19	10	24	216	14720000	23682	672	30500
12	Okt-19	11	23	210	14330000	22860	190	27500
13	Nov-19	15	27	243	16650000	26950	330	27000
14	Des-19	15	26	247	16610000	27500	380	27850
15	Jan-20	18	32	270	18880000	29900	730	30000
16	Feb-20	16	35	300	20580000	33100	830	32900
17	Mar-20	20	38	342	23060000	39400	630	38990
18	Apr-20	18	33	340	21880000	38900	220	36920
19	Mei-20	18	34	306	20900000	35680	20	35700
20	Jun-20	17	31	279	19160000	28600	40	32300
21	Jul-20	15	28	252	21836000	30100	440	30650
22	Agust-20	16	32	288	24649000	32740	990	36900
23	Sep-20	20	39	351	29718000	38998	150	38900
24	Okt-20	22	44	396	33283000	42000	52	42800
25	Nov-20	25	47	423	35539000	46800	852	46900
26	Des-20	26	50	450	37665000	49900	952	49000
27	Jan-21	25	51	400	35750000	44400	52	45000
28	Feb-21	26	52	468	39039000	51948	652	52000
29	Mar-21	24	47	419	35302000	47110	704	46600
30	Apr-21	23	46	414	34722000	46000	194	45935
31	Mei-21	22	42	378	31909000	41820	129	41954
32	Jun-21	21	40	360	30470000	39870	263	39940
33	Jul-21	23	41	369	31287000	40682	333	40955
34	Agust-21	21	43	387	32531000	43395	606	42947

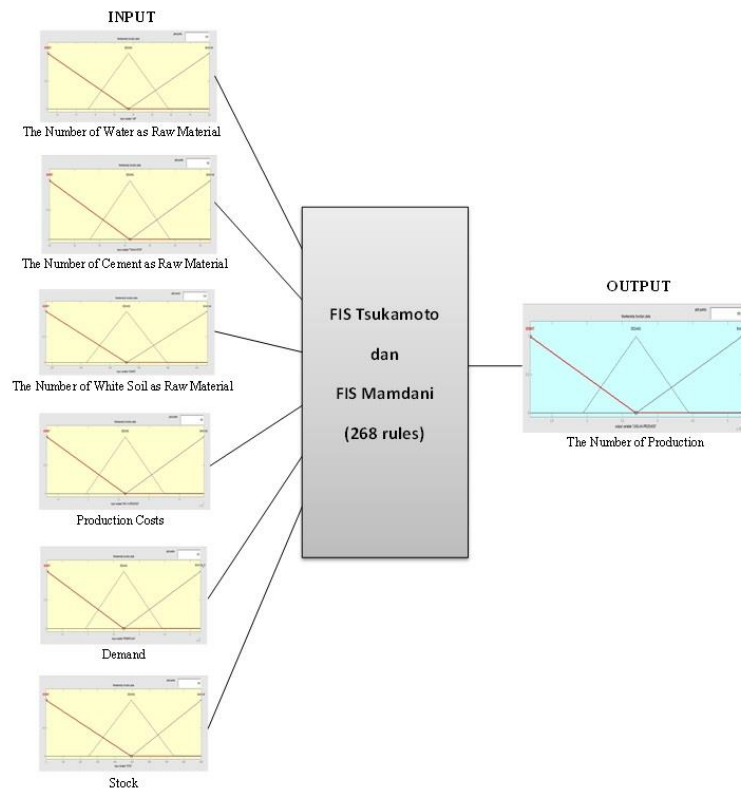
Sumber data: UD. Batako "Cabang Farmasi", Penfui-Kupang

Dengan bantuan *software Matlab71*, 268 aturan-aturan tersebut adalah sebagai berikut:

1. If (AIR is **S**) and (TANAH-PUTIH is **S**) and (SEMEN is **S**) and (BIAYA-PRODUKSI is **S**) and (PERMINTAAN is **S**) and (STOK is **S**) then (JUMLAH-PRODUKSI is **S**)
2. If (AIR is **S**) and (TANAH-PUTIH is **S**) and (SEMEN is **S**) and (BIAYA-PRODUKSI is **S**)

- and (PERMINTAAN is **S**) and (STOK is **M**) then (JUMLAH-PRODUKSI is **S**)
 (dan seterusnya sampai pada aturan ke-268)
268. If (AIR is **B**) and (TANAH-PUTIH is **B**) and (SEMEN is **B**) and (BIAYA-PRODUKSI is **B**) and (PERMINTAAN is **M**) and (STOK is **B**) then (JUMLAH-PRODUKSI is **S**)

dengan **S** = Sedikit, **M** = Sedang dan **B** = Banyak.

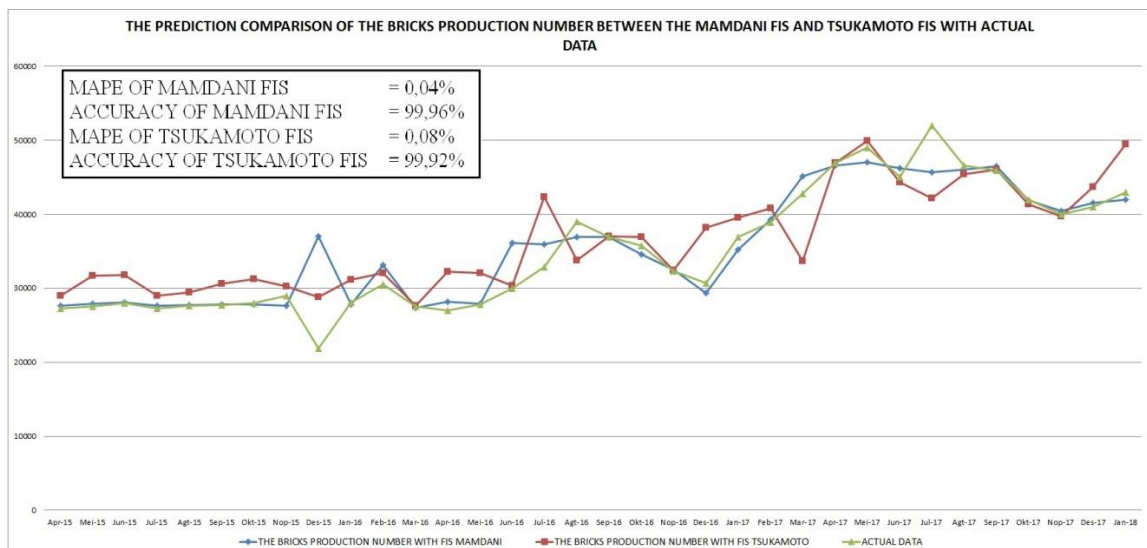


Gambar 3. Tahap Fuzzifikasi

c. Defuzzifikasi

Pada tahap ini, keputusan akhir berupa data *fuzzy* diubah menjadi data *crisp*. Pada FIS Tsukamoto, proses defuzzifikasi menggunakan metode rata-rata terbobot, sedangkan pada FIS Mamdani, prosesnya menggunakan metode

Centroid. Kemudian data *crisp* hasil defuzzifikasi dibandingkan dengan data aktual pada Tabel 1. Hasil perbandingan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan Perhitungan Jumlah Produksi berdasarkan FIS Mamdani, FIS Tsukamoto dan Data Aktual

Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa selisih antara jumlah produksi menurut FIS Mamdani dengan FIS Tsukamoto cenderung sama. Perbedaan yang terjadi dikarenakan sistem

defuzzifikasi mereka yang berbeda, dimana pada Metode Mamdani dipakai metode defuzzifikasi *centroid* yang mengambil solusi *crisp* dari titik pusat daerah *fuzzy* hasil gabungan (μ terbesar)

semua aturan-aturan yang berlaku sedangkan pada Metode Tsukamoto mengambil solusi *crisp* dengan metode titik berat (*weight average*), dan keduanya dipengaruhi oleh nilai pencilan (apabila terdapat nilai μ yang terpaut jauh dari nilai μ lainnya dalam $[0,1]$). Kemudian, ditinjau selisih jumlah produksi yang sebenarnya dengan yang didapatkan dengan kedua *Fuzzy Inference System* tersebut. Metode *Fuzzy Inference System* terbaik adalah *Fuzzy Inference System* yang menunjukkan hasil yang lebih mendekati data aktual (memiliki galat terkecil). Selain itu memiliki nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) terkecil serta ketelitian terbesar. Dari gambar (4.3) terlihat MAPE dari Metode *Fuzzy Mamdani* adalah 0.04% dan ketelitiannya sebesar 99.96% sedangkan MAPE dari Metode *Fuzzy Tsukamoto* adalah 0.08% dan ketelitiannya sebesar 99.92%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *Fuzzy Inference System* terbaik dalam menentukan produksi Batako di UD. Batako "Cabang Farmasi" adalah FIS Mamdani.

Tahap 2

Pada tahap ini dilakukan prediksi permintaan untuk beberapa periode ke depan dengan menerapkan metode ARIMA Box-Jenkins. Selanjutnya data permintaan hasil prediksi digunakan untuk memprediksi jumlah produksi batako pada bulan September 2021. Data permintaan bulan lainnya dapat digunakan untuk menentukan jumlah produksi batako dibulan-bulan berikutnya.

Pertama-tama dilakukan penentuan model ARIMA berdasarkan plot grafik *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) data permintaan pada Tabel 1. Dari proses ini dihasilkan tiga model ARIMA(p,d,q) yaitu ARIMA (1,2,0), ARIMA (0,2,1) dan ARIMA (1,2,1), lalu kemudian dilakukan estimasi parameter terhadap masing-masing model.

Dalam [6], setelah melakukan estimasi parameter pada masing-masing model, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan model terbaik dengan cara melihat ukuran-ukuran standar ketepatan peramalan yaitu:

- i) Model terpilih harus lulus uji grafik ACF dan PACF.
- ii) Parameter model yang memiliki nilai probabilitas (p) dibawah 0.05.
- iii) Model yang terpilih harus memiliki nilai kesalahan (*error*) peramalan yang terkecil.

Dengan mempertimbangkan 3 hal diatas, model-model ARIMA (p,d,q) yang akan terbentuk dan menjadi model terbaik untuk peramalan jika hasil peramalan mendekati data aktual dan persentase nilai kesalahan (*error*) peramalan kecil. Nilai-nilai kesalahan (*error*) peramalan berupa *Sum of Squared Error* (SSE), *Mean Error* (ME), *Mean Square Error* (MSE), *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Percentage Error* (MPE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Setelah perhitungan nilai SSE, ME, MSE, MAE, MPE dan MAPE. Selanjutnya menentukan model ARIMA (p,d,q) dengan melihat nilai probabilitas parameter dan nilai kesalahan (*error*) peramalan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan parameter dan hasil perhitungan nilai kesalahan (*error*) peramalan model-model ARIMA (p,d,q)

	ARIMA (1,2,0)	ARIMA (0,2,1)	ARIMA (1,2,1)
C	115,7	32,01	26,78
P	0,877	0,042	0,068
AR (1)	-0,5402	0	0,0495
P	0,001		0,808
MA (1)	0	1,0485	1,0554
P		0,000	0,000
ME	-4.704,65	2.003,98	1.844,01
MSE	65.963.286,18	30.328.413,5	29.427.341,85
MAE	5.394,53	3.905,36	3.880,09
MPE	-13,77	3,14	2,63
MAPE	15,43	10,40	10,43
SSE	2.242.751.728	1.031.166.059	29.427.341,85

Keterangan:

C = Konstanta (μ)
 P = Probabilitas

AR = Parameter orde *Autoregressive*
 MA = Parameter orde *Moving Average*

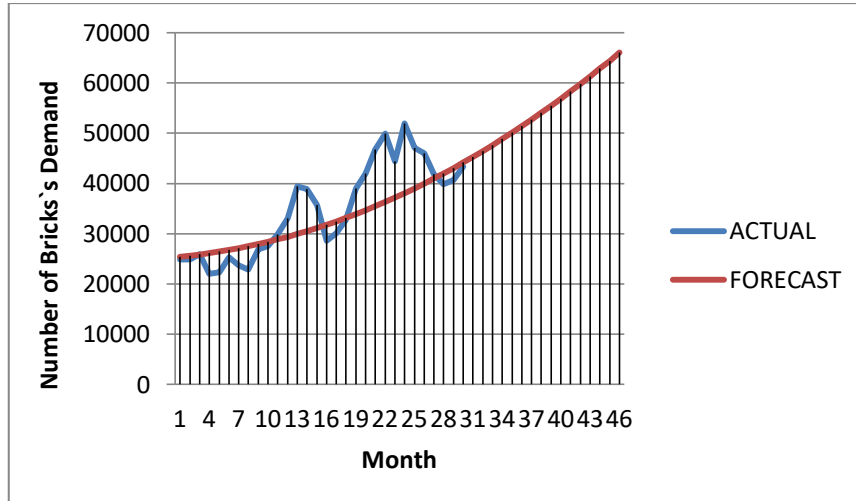
Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa model ARIMA (1,2,0) memiliki parameter AR(1) yang tidak signifikan dengan nilai probabilitas yang lebih besar dari $\alpha = 0.05$ serta memiliki 4 nilai kriteria *error* terbesar dan 2 nilai kriteria *error* terkecil. Model ARIMA (0,2,1) memiliki parameter MA(1) yang signifikan dengan nilai probabilitas yang lebih kecil dari $\alpha = 0.05$ serta memiliki 2 nilai kriteria *error* terbesar dan 1 nilai kriteria *error*

terkecil. Model ARIMA(1,2,1) memiliki parameter AR(1) dan MA(1) yang tidak signifikan dengan nilai probabilitas yang lebih besar dari $\alpha = 0.05$ serta memiliki 3 nilai kriteria *error* terkecil. Sehingga dari ketiga model tersebut, model yang paling layak untuk digunakan dalam peramalan adalah model ARIMA(0,2,1) dengan persamaannya adalah

$$X_t = 32,01 - 1,0485e_{t-1} + e_t. \quad \text{Model ini}$$

kemudian digunakan untuk meramalkan permintaan batako 1 tahun mendatang yang nantinya akan berguna dalam proses prediksi jumlah produksi batako pada UD. Batako “Cabang Farmasi” Kupang.

Selanjutnya, data permintaan hasil peramalan dengan menggunakan model ARIMA(0,2,1) dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:

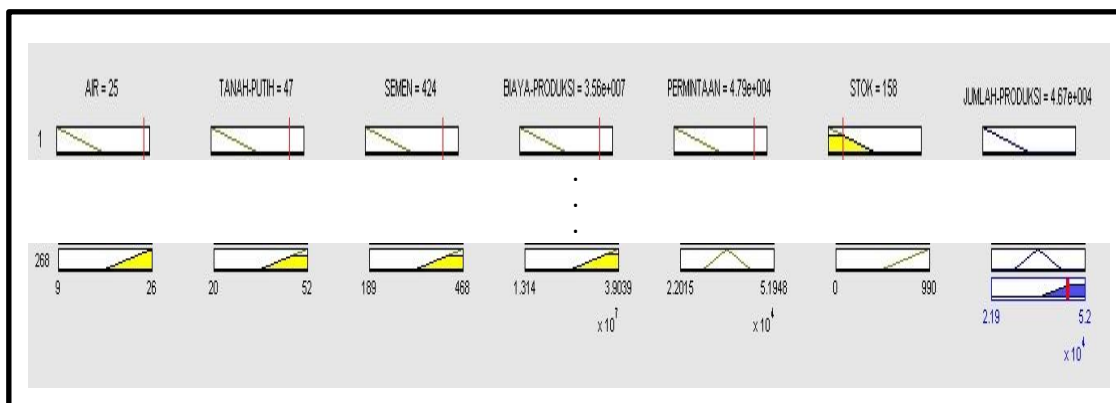


Gambar 5. Perbandingan Data Aktual Permintaan dan Data Permintaan Hasil Peramalan.

Berdasarkan Gambar 5 diatas, terlihat bahwa permintaan batako pada UD. Batako “Cabang Farmasi” periode 16 bulan kedepan akan mengalami peningkatan dan terlihat pula perbandingan antara data aktual dan hasil peramalan cenderung berbeda jauh. Hal ini diakibatkan fluktuatif permintaan batako pada UD ini juga dipengaruhi oleh faktor musim dan cuaca.

Berdasarkan hasil ramalan model ARIMA(0,2,1) diperoleh bahwa permintaan pada

bulan September 2021 mencapai 47.650 batako, sesuai dengan data yang diperoleh dari pihak UD (Tabel 1), bahwa stok hingga bulan September 2021 mencapai 158 batu, bahan baku (air sebanyak 25 tangki, tanah putih sebanyak 47 red/truk dan semen sebanyak 424 sak), biaya produksi yang dikeluarkan sebesar Rp 35.582.000 maka dengan *software Matlab71* diperoleh jumlah produksi sebesar 46.700 batako (dapat dilihat pada Gambar 6).



Gambar 6. Hasil output Matlab71 untuk prediksi produksi bulan September 2021

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan beberapa hal, diantaranya: (1) Metode *Fuzzy Inference System* terbaik dalam menentukan produksi batako pada UD. Batako “Cabang Farmasi” Kupang adalah metode FIS Mamdani dengan nilai kesalahan (*error*) kriteria MAPE sebesar 0.04% dan ketelitiannya sebesar 99.96%; (2) Dalam meramalkan permintaan periode kedepan diperoleh Model runtun waktu terbaik adalah model ARIMA(0,2,1) dengan

persamaan: $X_t = 32,01 - 1,0485e_{t-1} + e_t$; (4)

Dari hasil peramalan permintaan selama 16 periode kedepan menunjukkan bahwa permintaan akan terus naik dari bulan kebulan sehingga membutuhkan tambahan unit mesin untuk memenuhi permintaan pelanggan; (5) Jumlah produksi hasil prediksi untuk bulan September 2021 adalah 46.700 batako.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, adapun beberapa saran yang dapat diberikan yaitu: (1) Hasil mengenai prediksi produksi dan peramalan

permintaan yang didapatkan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi UD. Batako "Cabang Farmasi" Kupang dalam melakukan proses produksi batako; (2) Pada Metode Mamdani terdapat 5 macam metode defuzzifikasi yang dapat digunakan dalam menentukan solusi *crisp* yaitu metode Bisektor, Centroid, *Mean of Maximum* (MOM), *Largest Of Maximum* (LOM) dan *Smallest Of Maximum* (SOM). Dalam penelitian ini, hanya digunakan metode *centroid* dalam menentukan solusi *crisp*. Oleh karena itu, peneliti lain bisa mencoba menentukan solusi *crisp* dengan menggunakan metode defuzzifikasi yang lainnya; (3) Pada *Fuzzy Inference System* terdapat 3 metode yang dapat digunakan yaitu Metode FIS Mamdani, Metode FIS Tsukamoto dan Metode FIS Sugeno. Pada penelitian ini, hanya dibandingkan Metode FIS Mamdani dan Metode FIS Tsukamoto. Oleh karena itu peneliti lain dapat mencoba membandingkan metode-metode yang lain (Metode Tsukamoto dengan Metode Sugeno, Metode Sugeno dengan Metode Mamdani, ataupun ketiganya sekaligus)

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada pimpinan-pimpinan Perguruan Tinggi, Universitas Nusa Cendana dan Universitas Timor, atas dukungannya dalam terlaksananya penelitian ini. Terimakasih juga untuk UD. Batako "Cabang Farmasi" Kupang yang telah bersedia bekerjasama menjadi objek penelitian pada penelitian ini.

REFERENSI

- [1] M. Sakawa, *Fuzzy Set and Interactive Multiobjective Optimization*, New York: Plenum Perss, 1993.
- [2] Setiadji, *Himpunan & Logika Sama serta Aplikasinya*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.
- [3] J.S.R Jang, C.T. Sun, E, Mizutani, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, New Jersey: Prentice-Hall, Inc, 1997.
- [4] G. E. P.Box, .M. Jenkins, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, California: Holden-Day, Inc, 1976.
- [5] S. Kusumawati, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003.
- [6] Makridakis, Wheelwright, McGee, *Metode Aplikasi Peramalan*, Jakarta: Binarupa Aksara. 1999.