

Fuzzy Mamdani untuk Meningkatkan Akurasi Prediksi Produksi UMKM Lokal

Muhammad Rizka¹, Safira Salwa^{2*}, Hendrawaty³

¹Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jln. B.Aceh Medan Km.280, Buketrata, Lhokseumawe, 24301, Indonesia, rizka@pnl.ac.id

²Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jln. B.Aceh Medan Km.280, Buketrata, Lhokseumawe, 24301, Indonesia, ³hendrawaty@pnl.ac.id

*Corresponding Author: safirasalwa2002@gmail.com (0812-6286-5599)

Abstrak

Peningkatan akurasi prediksi produksi merupakan tantangan signifikan bagi usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) lokal, terutama dalam menghadapi fluktuasi permintaan pasar dan keterbatasan sumber daya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi produksi menggunakan pendekatan Fuzzy Mamdani, yang dapat membantu UMKM dalam merencanakan kapasitas produksi secara lebih akurat dan efisien. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan variabilitas data yang sering dihadapi oleh UMKM. Data historis produksi dari beberapa UMKM lokal dianalisis untuk membangun sistem inferensi fuzzy yang dapat memprediksi jumlah produksi berdasarkan variabel input seperti permintaan, persediaan, dan data penjualan. Pengujian dilakukan terhadap dua Produk produk yaitu udang dan bileh crispy. Hasil dari penerapan model Fuzzy Mamdani menunjukkan peningkatan akurasi prediksi produksi dibandingkan dengan metode konvensional yang sebelumnya digunakan oleh UMKM. Pengujian untuk produksi udang crispy diperoleh nilai error sebesar 8.33% sehingga nilai akurasi yang didapatkan sebesar 91.67% dan untuk produksi bileh crispy diperoleh nilai error sebesar 7.06% dengan tingkat akurasi sebesar 92.94%. Hasil yang didapatkan dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan Fuzzy Mamdani efektif dalam meningkatkan keandalan prediksi produksi, sehingga dapat membantu UMKM lokal dalam mengoptimalkan sumber daya dan meningkatkan daya saing di pasar.

Kata kunci – Mamdani, prediksi produksi, UMKM lokal, sistem inferensi fuzzy, akurasi produksi.

Abstract

Increasing the accuracy of production predictions is a significant challenge for local micro, small and medium enterprises (MSMEs), especially in the face of fluctuating market demand and limited resources. This research aims to develop a production prediction model using the Fuzzy Mamdani approach, which can help MSMEs plan production capacity more accurately and efficiently. This method was chosen because of its ability to handle data uncertainty and variability that is often faced by MSMEs. Historical production data from several local MSMEs was analyzed to build a fuzzy inference system that can predict production quantities based on input variables such as demand, inventory and sales data. Testing was carried out on two production products, namely shrimp and bileh crispy. The results of applying the Fuzzy Mamdani model show an increase in the accuracy of production predictions compared to conventional methods previously used by MSMEs. Tests for the production of crispy shrimp obtained an error value of 8.33% so that the accuracy value obtained was 91.67% and for the production of crispy bileh the error value obtained was 7.06% with an accuracy level of 92.94%. The results obtained from this test show that the Fuzzy Mamdani approach is effective in increasing the reliability of production predictions, so that it can help local MSMEs optimize resources and increase competitiveness in the market.

Keywords – Mamdani, production prediction, local MSMEs, fuzzy inference systems, production accuracy.

PENDAHULUAN

Perkembangan Teknologi informasi yang pesat telah menjadi pendorong utama dibalik awal mula era globalisasi yang tak terduga. Teknologi informasi, yang mencakup perangkat keras, perangkat lunak, dan infrastruktur yang digunakan untuk memanipulasi data dari berbagai cara termasuk proses, akses, pengorganisasian, dan menyimpan data [1]. Salah satu sektor yang sangat memanfaatkan teknologi informasi adalah Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM).

UMKM sering kali kesulitan dengan manajemen produksi, terutama dalam memprediksi perubahan permintaan pasar dan mengoptimalkan produksi agar sesuai dengan kebutuhan pasar. Oleh karena itu, UMKM sering mengalami permasalahan produk yang tidak terjual habis atau produk yang tidak mencukupi permintaan pasar. Salah satu UMKM yang sering mengalami masalah tersebut adalah UMKM udang bileh crispy Lhokseumawe.

Produksi produk yang berlebihan terutama produk makanan, dapat menyebabkan penumpukan produk yang tidak terjual, risiko ketinggalan masa kadaluwarsa, dan kerugian finansial karena biaya produksi tidak seimbang dengan pendapatan penjualan[2]. Sementara produksi produk yang kurang, dapat mengakibatkan kehilangan pendapatan, pelanggan beralih ke pesaing, dan hilangnya pangsa pasar[2].

Untuk mengatasi masalah ini, dibuatlah suatu sistem “Prediksi Produksi Produk UMKM dengan Metode Fuzzy Mamdani (Studi Kasus: UMKM Lokal Udang Bileh Crispy)” untuk membantu UMKM dalam memprediksi jumlah produksi secara lebih akurat. Metode fuzzy mamdani memanfaatkan prinsip fuzzy logic untuk menangani ketidakpastian dan kompleksitas dalam keputusan produksi [3]. Metode ini memungkinkan pelaku UMKM untuk menggabungkan variabel-variabel yang tidak pasti, seperti permintaan, persediaan, dan penjualan untuk memperoleh jumlah produksi yang lebih akurat.

Dengan sistem ini, diharapkan UMKM Udang Bileh Crispy Lhokseumawe dapat menentukan jumlah produksi secara sistematis untuk mengantisipasi kekurangan atau kelebihan produksi. Hal ini akan membantu UMKM untuk tetap bersaing di pasar yang kompetitif, meningkatkan efisiensi, inovasi, dan daya saing, serta memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan ekonomi lokal dan nasional

METODE PENELITIAN

A. Pengumpulan Data

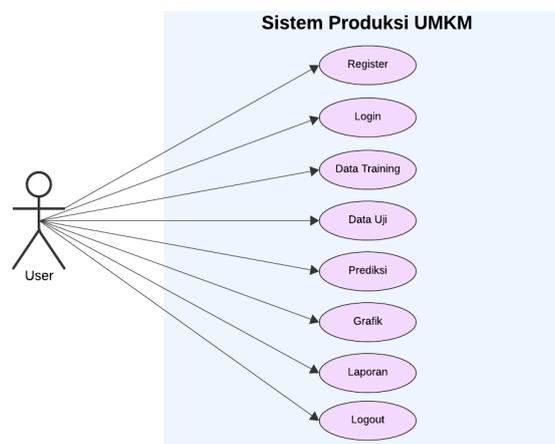
Data yang digunakan terdiri dari nama barang, tanggal produksi, permintaan, persediaan, penjualan, dan produksi sebanyak 50 data untuk masing-masing produk udang dan bileh *crispy* mulai dari September 2019 sampai Oktober 2023. Dataset tersebut dibagi menjadi dua bagian, yaitu 60% sebagai data *training* dan 40% data sebagai data uji.

B. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dari penelitian ini meliputi perancangan *Use Case Diagram* dan *Activity Diagram*. Rancangan sistem ini dilakukan untuk memberikan gambaran dari proses kerja sistem dalam menentukan jumlah produksi produk pada UMKM udang dan bileh *crispy* menggunakan metode *fuzzy mamdani* dan berbasis web.

1) Use Case Diagram

Rancangan *use case diagram* pada penelitian ini memiliki satu *actor* yaitu pemilik dari UMKM Udang Bileh Crispy Lhokseumawe. *Actor* tersebut bertindak sebagai pengguna utama yang memiliki akses ke seluruh fungsionalitas sistem. *Actor* ini dapat melakukan berbagai tindakan dan interaksi dengan sistem sesuai kebutuhan dan tujuan bisnisnya. Adapun rancangan *use case diagram* penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Use Case Diagram* Sistem Prediksi Produksi Produk UMKM

C. Perancangan Implementasi Fuzzy Mamdani

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada sistem ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Input Data *Testing*

Sebelum melakukan prediksi, proses awal yang harus dilakukan adalah input data *testing*. Data *testing* yang diinputkan adalah kode barang, nama barang, periode, permintaan, persediaan, dan penjualan.

2. Menentukan Derajat Keanggotaan (Fuzzifikasi)

Selanjutnya menentukan derajat keanggotaan *fuzzy* dengan cara mengambil nilai tertinggi dan terendah dari data permintaan, persediaan, penjualan, dan produksi. Data tersebut akan digunakan sebagai data himpunan *fuzzy*.

3. Menentukan Aturan dan Implikasi (Evaluasi *Rule*)

Penentuan aturan *fuzzy* berupa IF-THEN yang akan digunakan di dalam sistem untuk menyatakan hubungan antara input dan *output* dalam bentuk variabel linguistik yaitu tinggi dan rendah, lalu melakukan implikasi aturan menggunakan metode MIN.

4. Menggabungkan Nilai Keluaran *Fuzzy* (Agregasi Rule)

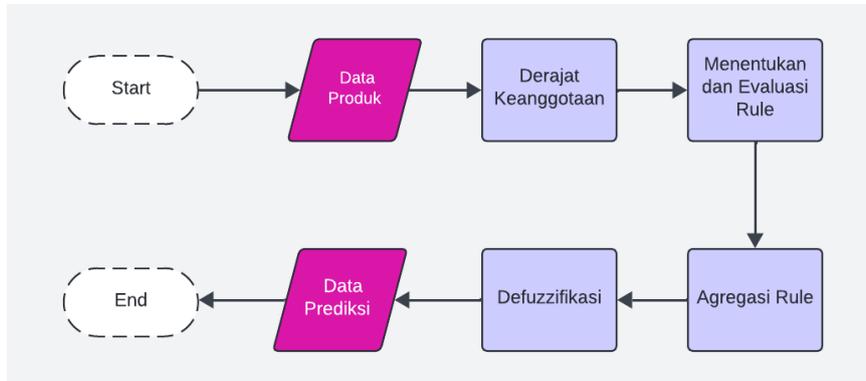
Agregasi *rule* dilakukan untuk Mendapatkan satu *output fuzzy* tunggal yang merupakan representasi dari semua aturan *fuzzy* yang sudah diimplikasikan.

5. Konversi Nilai *Fuzzy* (Defuzzifikasi)

Selanjutnya mengubah *output fuzzy* yang dihasilkan oleh sistem yang berbentuk fungsi keanggotaan *fuzzy* ke dalam nilai *crisp*. Proses defuzzifikasi dilakukan menggunakan metode centroid.

6. Menampilkan *Output*

Setelah sistem akan menampilkan *output* yang dihasilkan berupa jumlah produk yang harus diproduksi ke depannya. Gambar 2 merupakan gambaran *flowchart* dari tahapan-tahapan implementasi metode *fuzzy* mamdani.



Gambar 2. *Flowchart* Implementasi *Fuzzy* Mamdani

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Antar Muka Aplikasi

Pertama tampilan halaman data training yang merupakan halaman yang memuat seluruh data yang digunakan sebagai data training. Data tersebut berjumlah 30 data udang crispy dan 30 data bileh crispy. Tampilannya dapat dilihat pada Gambar 3.

No	Kode Produk	Nama Produk	Periode	Permintaan	Persediaan	Produksi	Pengjualan	Aksi
1	B01	Udang Crispy	13 September 2019	80	10	80	120	[Edit] [Delete]
2	B01	Udang Crispy	08 October 2019	800	10	800	800	[Edit] [Delete]
3	B01	Udang Crispy	06 November 2019	100	5	100	800	[Edit] [Delete]
4	B01	Udang Crispy	07 December 2019	115	8	100	115	[Edit] [Delete]
5	B01	Udang Crispy	13 January 2020	100	15	85	120	[Edit] [Delete]

Gambar 3. Halaman Data Training

Halaman data uji berjumlah 20 data udang crispy dan 20 data bileh crispy. Adapun tampilan halaman data uji dapat dilihat pada Gambar 4.

No	Kode Produk	Nama Produk	Periode	Permintaan	Persediaan	Penjualan	Produksi	Aksi
1	B01	Udang Crispy	02 March 2022	220	30	220	295	[Edit] [Delete]
2	B01	Udang Crispy	11 April 2022	190	10	180	205	[Edit] [Delete]
3	B01	Udang Crispy	07 May 2022	200	8	200	220	[Edit] [Delete]
4	B01	Udang Crispy	17 June 2022	300	6	200	220	[Edit] [Delete]
5	B01	Udang Crispy	02 July 2022	220	5	180	230	[Edit] [Delete]

Gambar 4. Halaman Data Uji

Halaman prediksi udang digunakan pengguna untuk memprediksi jumlah produksi udang menggunakan metode fuzzy mamdani. Pada halaman ini terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan oleh pengguna seperti menambahkan data prediksi dan menghapus data prediksi. Adapun tampilan dari halaman prediksi udang dapat dilihat pada Gambar 5.

No	Kode Produk	Nama Produk	Periode	Permintaan	Persediaan	Penjualan	Hasil Prediksi	Aksi
1	B01	Udang Crispy	02 March 2022	220	30	230	238	[Edit] [Delete]
2	B01	Udang Crispy	11 April 2022	190	10	190	191	[Edit] [Delete]
3	B01	Udang Crispy	07 May 2022	250	5	200	205	[Edit] [Delete]
4	B01	Udang Crispy	07 June 2022	250	5	300	225	[Edit] [Delete]
5	B01	Udang Crispy	02 July 2022	220	5	190	237	[Edit] [Delete]

Gambar 5. Data Prediksi Produk Udang

Halaman prediksi bileh digunakan pengguna untuk memprediksi jumlah produksi bileh *crispy* menggunakan metode fuzzy mamdani. Pada halaman ini terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan oleh pengguna seperti menambahkan data prediksi dan menghapus data prediksi. Untuk menambahkan data prediksi, pengguna dapat menekan tombol tambah prediksi. Untuk menghapus data, pengguna dapat menekan tombol dengan icon sampah pada kolom aksi. Adapun tampilan dari halaman prediksi bileh dapat dilihat pada Gambar 6.

No	Kode Produk	Nama Produk	Periode	Permintaan	Persediaan	Penjualan	Hasil Prediksi	Aksi
1	B02	Bileh Crispy	02 March 2022	210	5	220	227	[Edit] [Delete]
2	B02	Bileh Crispy	11 April 2022	180	8	180	187	[Edit] [Delete]
3	B02	Bileh Crispy	07 May 2022	185	7	185	205	[Edit] [Delete]
4	B02	Bileh Crispy	07 June 2022	200	5	230	225	[Edit] [Delete]
5	B02	Bileh Crispy	02 July 2022	210	5	210	217	[Edit] [Delete]

Gambar 6. Data Prediksi Produk

B. Perhitungan Fuzzy Mamdani

Sub bab ini membahas perhitungan fuzzy mamdani terhadap data uji udang dan bileh *crispy*. Diketahui data udang *crispy* sebagai berikut.

1. Permintaan : maksimal 300 produk, minimal 100 produk per bulan.
2. Persediaan : maksimal 30 produk, minimal 5 produk per bulan.
3. Penjualan : maksimal 300 produk, minimal 90 produk per bulan.
4. Produksi : maksimal 310 produk, minimal 120 produk per bulan.

Data tersebut diambil dari data training udang *crispy* yang berjumlah 30 data. Kemudian data tersebut akan digunakan dalam pembentukan himpunan fuzzy. Selanjutnya diketahui data bileh *crispy* sebagai berikut.

1. Permintaan : maksimal 280 produk, minimal 100 produk per bulan.
2. Persediaan : maksimal 30 produk, minimal 5 produk per bulan.
3. Penjualan : maksimal 268 produk, minimal 80 produk per bulan.
4. Produksi : maksimal 295 produk, minimal 110 produk per bulan.

Data tersebut diambil dari data training bileh *crispy* yang berjumlah 30 data. Kemudian data tersebut akan digunakan dalam pembentukan himpunan fuzzy.

Penyelesaian masalah prediksi produksi produk pada UMKM udang bileh *crispy* Lhokseumawe menggunakan metode fuzzy mamdani. Data yang digunakan berjumlah 20 data uji untuk produk udang *crispy* dimulai dari Maret 2022

Table 1. Data Uji Udang CRISPY

No	Permintaan	Persediaan	Penjualan	Produksi
1	220	30	220	255
2	190	10	190	205
3	200	8	200	220
4	200	6	200	220
5	220	5	190	230
6	190	25	180	215
7	220	30	220	260
8	250	30	250	285
9	260	35	260	300
10	170	15	170	190
11	200	5	180	210
12	220	30	190	255
13	200	7	200	212
14	220	5	220	230
15	220	6	200	230
16	250	35	240	290
17	260	35	260	300
18	245	30	245	280
19	200	8	200	220
20	210	6	210	225

Berdasarkan data pada Tabel 1 terdapat 3 variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, 3 variabel input permintaan, persediaan, dan penjualan. variabel permintaan memiliki 2 variabel linguistik yaitu turun dan naik, variabel persediaan memiliki 2 variabel linguistik yaitu sedikit dan banyak, penjualan memiliki 2 variabel linguistik yaitu naik dan turun, dan variabel produksi memiliki 2 variabel linguistik yaitu berkurang dan bertambah. Berdasarkan data dari variabel-variabel tersebut, maka dapat dibentuk aturan fuzzy sebagai berikut.

1. [R1] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERKURANG;
2. [R2] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;
3. [R3] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERKURANG;
4. [R4] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERKURANG;
5. [R5] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;
6. [R6] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;
7. [R7] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERKURANG;
8. [R8] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;

Berikut perhitungan fuzzy mamdani untuk data uji udang crispy periode Oktober 2023 dengan permintaan 210, persediaan 6, penjualan 210, dan produksi 225.

1. Fuzzifikasi atau pembentukan himpunan *fuzzy*
 - a. Permintaan dengan 2 variabel linguistik naik dan turun

$$\mu_{PmtTURUN}[w] = \begin{cases} 1; & w \leq 100 \\ \frac{300 - w}{300 - 100}; & 100 < w < 300 \\ 0; & w \geq 300 \end{cases}$$

$$\mu_{PmtNAIK}[w] = \begin{cases} 0; & w \leq 100 \\ \frac{w - 100}{300 - 100}; & 100 < w < 300 \\ 1; & w \geq 300 \end{cases}$$

Dengan menggunakan fungsi tersebut, jika permintaan sebanyak 210, maka nilai keanggotaannya adalah:

$$\mu_{PmtTURUN}[210] = \frac{300 - 210}{300 - 100} = 0.45$$

$$\mu_{PmtNAIK}[210] = \frac{210 - 100}{300 - 100} = 0.55$$

- b. Persediaan dengan 2 variabel linguistik banyak dan sedikit

$$\mu_{PsdSEDIKIT}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 5 \\ \frac{30-x}{30-5}; & 5 < x < 30 \\ 0; & x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{PsdBANYAK}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{30-5}; & 5 < x < 30 \\ 1; & x \geq 30 \end{cases}$$

Dengan menggunakan fungsi tersebut, jika persediaan sebanyak 6, maka nilai keanggotaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu_{PsdSEDIKIT}[6] = \frac{30-6}{30-5} = 0.96$$

$$\mu_{PsdBANYAK}[6] = \frac{6-5}{30-5} = 0.04$$

c. Penjualan dengan 2 variabel linguistik naik dan turun

$$\mu_{PjINAIAK}[y] = \begin{cases} 1; & y \leq 90 \\ \frac{300-y}{300-90}; & 90 < y < 300 \\ 0; & y \geq 300 \end{cases}$$

$$\mu_{PjITURUN}[y] = \begin{cases} 0; & y \leq 90 \\ \frac{y-90}{300-90}; & 90 < y < 300 \\ 1; & y \geq 300 \end{cases}$$

Dengan menggunakan fungsi tersebut, jika persediaan sebanyak 210, maka nilai keanggotaannya adalah:

$$\mu_{PjITURUN}[210] = \frac{300-210}{300-90} = 0.43$$

$$\mu_{PjINAIAK}[210] = \frac{210-90}{300-90} = 0.57$$

d. Produksi dengan 2 variabel linguistik bertambah dan berkurang

$$\mu_{PdsBERKURANG}[Z] = \begin{cases} 1; & z \leq 120 \\ \frac{310-z}{310-120}; & 120 < z < 310 \\ 0; & z \geq 310 \end{cases}$$

$$\mu_{PdsBERTAMBAH}[Z] = \begin{cases} 0; & z \leq 120 \\ \frac{z-120}{310-120}; & 120 < z < 310 \\ 1; & z \geq 310 \end{cases}$$

Dengan menggunakan fungsi tersebut, jika persediaan sebanyak 225, maka nilai keanggotaannya adalah:

$$\mu_{PdsBERKURANG}[225] = \frac{310-225}{310-120} = 0.45$$

$$\mu_{PdsBERTAMBAH}[225] = \frac{225-120}{310-120} = 0.55$$

2. Aplikasi fungsi implikasi atau evaluasi *rule*

[R1] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERKURANG;

$$\alpha - P1 = \mu_{PmtTURUN} \cap \mu_{PsdSEDIKIT} \cap \mu_{PjITURUN} = \min(0.45; 0.96; 0.43) = 0.43$$

[R2] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;

$$\alpha - P2 = \mu_{PmtTURUN} \cap \mu_{PsdSEDIKIT} \cap \mu_{PjINAIAK} = \min(0.45; 0.96; 0.57) = 0.45$$

[R3] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERKURANG;

$$\alpha - P3 = \mu_{PmtTURUN} \cap \mu_{PsdBANYAK} \cap \mu_{PjITURUN} = \min(0.45; 0.04; 0.43) = 0.04$$

[R4] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERKURANG;

$$\alpha - P4 = \mu_{PmtTURUN} \cap \mu_{PsdBANYAK} \cap \mu_{PjINAIAK} = \min(0.45; 0.04; 0.57) = 0.04$$

[R5] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;

$$\alpha - P5 = \mu_{PmtNAIK} \cap \mu_{PsdSEDIKIT} \cap \mu_{PjITURUN} = \min(0.55; 0.96; 0.43) = 0.43$$

[R6] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;

$$\alpha - P6 = \mu_{PmtNAIK} \cap \mu_{PsdSEDIKIT} \cap \mu_{PjINAIAK} = \min(0.55; 0.96; 0.57) = 0.55$$

[R7] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERKURANG;

$$\alpha - P7 = \mu_{PmtNAIK} \cap \mu_{PsdBANYAK} \cap \mu_{PjITURUN} = \min(0.55; 0.04; 0.43) = 0.04$$

[R8] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;

$$\alpha - P8 = \mu_{PmtNAIK} \cap \mu_{PsdBANYAK} \cap \mu_{PjINAIAK} = \min(0.55; 0.04; 0.57) = 0.04$$

3. Agregasi rule atau komposisi aturan Mencari batas area A1 dan A2.

$$\frac{A1-120}{310-120} = 0.04$$

$$A1 - 120 = 7.6$$

$$A1 = 120 + 7.6$$

$$A1 = 127.6$$

$$\frac{A2-120}{310-120} = 0.55$$

$$A2 - 120 = 104.5$$

$$A2 = 120 + 104.5$$

$$A2 = 224.5$$

Dari hasil tersebut dapat diperoleh fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi aturan sebagai berikut:

$$\mu[Z] = \begin{cases} 0.04; & z \leq 127.6 \\ \frac{z - 120}{310 - 120}; & 127.6 < z < 224.5 \\ 0.55; & z \geq 224.5 \end{cases}$$

4. Defuzzifikasi

Metode penegasan yang digunakan adalah metode centroid. Maka, yang harus dilakukan adalah menghitung momen dan luas setiap daerah.

$$M1 = \int_0^{127.6} (0.04)zdz = 325.63$$

$$M2 = \int_{127.6}^{224.5} \frac{(z - 120)}{(310 - 120)}zdz = 5431.53$$

$$M3 = \int_{224.5}^{310} (0.55)zdz = 12567.43$$

$$A1 = 127.6 * 0.04 = 5.104$$

$$A2 = (0.04 + 0.55) * \frac{(224.5 - 127.6)}{2} = 28.58$$

$$A3 = (310 - 224.5) * 0.55 = 47.025$$

Maka, titik pusat diperoleh sebagai berikut:

$$z = \frac{325.63 + 5431.53 + 12567.43}{5.104 + 28.58 + 47.025}$$

$$z = \frac{18324.59}{80.709}$$

$$z = 227.045$$

Jadi, rencana produksi udang *crispy* untuk bulan Oktober adalah 227.045 dibulatkan menjadi 227 kotak.

Prediksi produksi produk pada UMKM udang bilih *crispy* Lhokseumawe menggunakan metode *fuzzy* mamdani. Data yang digunakan berjumlah 20 data uji untuk produk bilih *crispy* dimulai dari Maret 2022 sampai Oktober 2023.

Table 2. Data Uji Boleh CRISPY

No	Permintaan	Persediaan	Penjualan	Produksi
1	210	5	220	230
2	180	8	180	195
3	185	7	185	200
4	200	5	200	215
5	210	6	210	225
6	220	30	220	255
7	170	10	170	185
8	175	11	175	190
9	185	25	185	215
10	190	7	190	205
11	185	7	185	200
12	210	5	210	220
13	250	35	250	290
14	195	25	195	225
15	195	6	195	215
16	250	30	240	285
17	180	9	170	195
18	200	6	195	210
19	245	40	230	290
20	190	7	190	200

Berdasarkan data pada Tabel II terdapat 3 variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, 3 variabel input permintaan, persediaan, dan penjualan. variabel permintaan memiliki 2 variabel linguistik yaitu turun dan naik, variabel persediaan memiliki 2 variabel linguistik yaitu sedikit dan banyak, penjualan memiliki 2 variabel linguistik yaitu naik dan turun, dan variabel produksi memiliki 2 variabel linguistik yaitu berkurang dan bertambah.

Berikut perhitungan *fuzzy* mamdani untuk data uji udang *crispy* periode Oktober 2023 dengan permintaan 190, persediaan 7, penjualan 190, dan produksi 200.

1. Fuzzifikasi atau pembentukan himpunan *fuzzy*

1. Permintaan dengan 2 variabel linguistik naik dan turun

$$\mu_{PmtTURUN}[w] = \begin{cases} 1; & w \leq 100 \\ \frac{280 - w}{280 - 100}; & 100 < w < 280 \\ 0; & w \geq 280 \end{cases}$$

$$\mu^{PmtNAIK}[w] = \begin{cases} 0; & w \leq 100 \\ \frac{w-100}{280-100}; & 100 < w < 280 \\ 1; & w \geq 280 \end{cases}$$

Dengan menggunakan fungsi tersebut, jika permintaan sebanyak 190, maka nilai keanggotaannya adalah:

$$\mu^{PmtTURUN}[190] = \frac{280-190}{280-100} = 0.5$$

$$\mu^{PmtNAIK}[190] = \frac{190-100}{280-100} = 0.5$$

2. Persediaan dengan 2 variabel linguistik banyak dan sedikit

$$\mu^{PsdSEDIKIT}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 5 \\ \frac{30-x}{30-5}; & 5 < x < 30 \\ 0; & x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu^{PsdBANYAK}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{30-5}; & 5 < x < 30 \\ 1; & x \geq 30 \end{cases}$$

Dengan menggunakan fungsi tersebut, jika persediaan sebanyak 7, maka nilai keanggotaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu^{PsdSEDIKIT}[7] = \frac{30-7}{30-5} = 0.92$$

$$\mu^{PsdBANYAK}[7] = \frac{7-5}{30-5} = 0.08$$

3. Penjualan dengan 2 variabel linguistik naik dan turun

$$\mu^{PjlNAIK}[y] = \begin{cases} 1; & y \leq 80 \\ \frac{268-y}{268-80}; & 80 < y < 268 \\ 0; & y \geq 268 \end{cases}$$

$$\mu^{PjlTurun}[y] = \begin{cases} 0; & y \leq 80 \\ \frac{y-80}{268-80}; & 80 < y < 268 \\ 1; & y \geq 268 \end{cases}$$

Dengan menggunakan fungsi tersebut, jika persediaan sebanyak 190, maka nilai keanggotaannya adalah:

$$\mu^{PjlTURUN}[190] = \frac{268-190}{268-80} = 0.41$$

$$\mu^{PjlNAIK}[190] = \frac{190-80}{268-80} = 0.58$$

4. Produksi dengan 2 variabel linguistik bertambah dan berkurang

$$\mu^{PdsBERKURANG}[Z] = \begin{cases} 1; & z \leq 110 \\ \frac{295-z}{295-110}; & 110 < z < 295 \\ 0; & z \geq 295 \end{cases}$$

$$\mu^{PdsBERTAMBAH}[Z] = \begin{cases} 0; & z \leq 110 \\ \frac{z-110}{295-110}; & 110 < z < 295 \\ 1; & z \geq 295 \end{cases}$$

Dengan menggunakan fungsi tersebut, jika persediaan sebanyak 200, maka nilai keanggotaannya adalah:

$$\mu^{PdsBERKURANG}[200] = \frac{295-200}{295-110} = 0.51$$

$$\mu^{PdsBERTAMBAH}[200] = \frac{200-110}{295-110} = 0.48$$

2. Aplikasi fungsi implikasi atau evaluasi rule

[R1] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERKURANG;

$$\alpha - P1 = \mu^{PmtTURUN} \cap \mu^{PsdSEDIKIT} \cap \mu^{PjlTURUN} = \min(0.5; 0.92; 0.41) = 0.41$$

[R2] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;

$$\alpha - P2 = \mu^{PmtTURUN} \cap \mu^{PsdSEDIKIT} \cap \mu^{PjlNAIK} = \min(0.5; 0.92; 0.58) = 0.5$$

[R3] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERKURANG;

$$\alpha - P3 = \mu^{PmtTURUN} \cap \mu^{PsdBANYAK} \cap \mu^{PjlTURUN} = \min(0.5; 0.08; 0.41) = 0.08$$

[R4] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERKURANG;

$$\alpha - P4 = \mu^{PmtTURUN} \cap \mu^{PsdBANYAK} \cap \mu^{PjlNAIK} = \min(0.5; 0.08; 0.58) = 0.08$$

[R5] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;

$$\alpha - P5 = \mu^{PmtNAIK} \cap \mu^{PsdSEDIKIT} \cap \mu^{PjlTURUN} = \min(0.5; 0.92; 0.41) = 0.41$$

[R6] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan SEDIKIT, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;

$$\alpha - P6 = \mu_{\text{PmtNAIK}} \cap \mu_{\text{PsdSEDIKIT}} \cap \mu_{\text{PjlNAIK}} = \min(0.5; 0.92; 0.58) = 0.5$$

[R7] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan TURUN, MAKA Produksi Barang BERKURANG;

$$\alpha - P7 = \mu_{\text{PmtNAIK}} \cap \mu_{\text{PsdBANYAK}} \cap \mu_{\text{PjlTURUN}} = \min(0.5; 0.08; 0.41) = 0.08$$

[R8] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan BANYAK, dan Penjualan NAIK, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;

$$\alpha - P8 = \mu_{\text{PmtNAIK}} \cap \mu_{\text{PsdBANYAK}} \cap \mu_{\text{PjlNAIK}} = \min(0.5; 0.08; 0.58) = 0.08$$

3. Agregasi rule atau komposisi aturan mencari batas area A1 dan A2.

$$\frac{A1 - 110}{295 - 110} = 0.08$$

$$A1 - 110 = 14.8$$

$$A1 = 110 + 14.8$$

$$A1 = 124.8$$

$$\frac{A2 - 110}{295 - 110} = 0.5$$

$$A2 - 110 = 92.5$$

$$A2 = 110 + 92.5$$

$$A2 = 202.5$$

Dari hasil tersebut dapat diperoleh fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi sebagai berikut.

$$\mu[Z] = \begin{cases} 0.08; & z \leq 124.8 \\ \frac{z - 110}{295 - 110}; & 124.8 < z < 202.5 \\ 0.5; & z \geq 202.5 \end{cases}$$

4. Defuzzifikasi

Metode penegasan yang digunakan adalah metode centroid. Maka, yang harus dilakukan adalah menghitung momen dan luas setiap daerah.

$$M1 = \int_0^{124.8} (0.08)zdz = 623.00$$

$$M2 = \int_{124.8}^{202.5} \frac{(z - 110)}{(295 - 110)}zdz = 3898.83$$

$$M3 = \int_{202.5}^{295} (0.5)zdz = 11504.69$$

$$A1 = 124.8 * 0.08 = 9.98$$

$$A2 = (0.08 + 0.5) * \frac{(202.5 - 124.8)}{2} = 22.53$$

$$A3 = (295 - 202.5) * 0.5 = 46.25$$

Maka, titik pusat diperoleh sebagai berikut:

$$z = \frac{623.00 + 3898.83 + 11504.69}{9.98 + 22.53 + 46.25}$$

$$z = \frac{16026.52}{78.76}$$

$$z = 203.48$$

Jadi, rencana produksi bileh crispy untuk bulan Oktober adalah 203.48 dibulatkan menjadi 203 kotak.

C. Pengujian

Perhitungan eror data uji udang dan bileh *crispy* menggunakan metode MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). MAPE adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengukur model peramalan atau prediksi. Berikut perhitungan nilai *error* data hasil prediksi udang *crispy*.

Tabel 3. Persentase Error Data Uji Udang *Crispy*

No	Data Real	Hasil Prediksi	Error	Nilai Absolut Error	PE
1	255	239	16	16	6.27%
2	205	191	14	14	6.83%
3	220	205	15	15	6.82%
4	220	225	-5	5	2.27%
5	230	237	-7	7	3.04%
6	215	193	22	22	10.23%
7	260	239	21	21	8.08%
8	285	244	41	41	14.39%
9	300	245	55	55	18.33%
10	190	174	16	16	8.42%
11	210	236	-26	26	12.38%
12	255	237	18	18	7.06%
13	212	215	-3	3	1.42%
14	230	239	-9	9	3.91%
15	230	226	4	4	1.74%
16	290	243	47	47	16.21%
17	300	245	55	55	18.33%
18	280	243	37	37	13.21%

19	220	205	15	15	6.82%
20	225	227	-2	2	0.89%
Jumlah			324	428	166.66%
MAPE	$\frac{\sum(x_i - f_i /x_i) \times 100\%}{n}$				8.33%

Dari perhitungan persentase error pada Tabel III, diperoleh persentase nilai *error* produk udang *crispy* pada sistem Prediksi Produksi Produk UMKM dengan Metode *Fuzzy Mamdani* (Studi Kasus: UMKM Lokal Udang Bileh *Crispy* Lhokseumawe) sebesar 8.33% dan persentase kebenaran prediksi data uji sebesar 91.67%. Selanjutnya perhitungan nilai *error* data hasil prediksi bileh *crispy* menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

Tabel 4. Persentase Error Data Uji Bileh *Crispy*

No	Data Real	Hasil Prediksi	Error	Nilai Absolut Error	PE
1	230	227	3	3	1.30%
2	195	197	-2	2	1.03%
3	200	205	-5	5	2.50%
4	215	225	-10	10	4.65%
5	225	217	8	8	3.56%
6	255	228	27	27	10.59%
7	185	182	3	3	1.62%
8	190	174	16	16	8.42%
9	215	182	33	33	15.35%
10	205	203	2	2	0.98%
11	200	205	-5	5	2.50%
12	220	227	-7	7	3.18%
13	290	232	58	58	20.00%
14	225	182	43	43	19.11%
15	215	214	1	1	0.47%
16	285	232	53	53	18.60%
17	195	189	6	6	3.08%
18	210	215	-5	5	2.38%
19	290	231	59	59	20.34%
20	200	203	-3	3	1.50%
Jumlah			275	349	141.15%
MAPE	$\frac{\sum(x_i - f_i /x_i) \times 100\%}{n}$				7.06%

Diperoleh persentase nilai *error* produk bileh *crispy* pada sistem Prediksi Produksi Produk UMKM dengan Metode *Fuzzy Mamdani* (Studi Kasus: UMKM Lokal Udang Bileh *Crispy* Lhokseumawe) sebesar 7.06% dan persentase kebenaran prediksi data uji sebesar 92.94%.

KESIMPULAN

Setelah mengevaluasi tujuan dari penelitian ini, yaitu membangun sebuah sistem untuk memprediksi jumlah produksi produk pada UMKM Udang Bileh *Crispy* Lhokseumawe menggunakan metode fuzzy mamdani berbasis web, terdapat beberapa simpulan yang dapat diambil sebagai berikut.

1. Sistem prediksi ini berhasil dibangun dan berhasil melakukan prediksi jumlah produk udang dan bileh *crispy* yang harus diproduksi per bulannya menggunakan metode fuzzy mamdani.
2. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa prediksi produksi produk UMKM dengan metode fuzzy mamdani berdasarkan data uji historis produksi udang *crispy* sebanyak 20 data memperoleh nilai error menggunakan MAPE sebesar 8.33% dan nilai akurasi sebesar 91.67%. Selain itu, untuk data uji historis produksi bileh *crispy* sebanyak 20 data memperoleh nilai error menggunakan MAPE sebesar 7.06% dan nilai akurasi sebesar 92.94%.

REFERENSI

- A. M. Sari, "Pengertian Teknologi Informasi Adalah," 2023 FIKTI UMSU – Teknologi Keren, Teknologi Modern., 2023. [Online]. Available: <https://fikti.umsu.ac.id/pengertian-teknologi-informasi-adalah/>.
- V. M. Nasution and G. Prakarsa, "Optimasi Produksi Barang Menggunakan Logika Fuzzy Metode Mamdani," J. Media Inform. Budidarma, vol. 4, no. 1, pp. 1719, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1719.
- W. T. Priyo, "Penerapan Logika Fuzzy Dalam Optimasi Produksi Barang Menggunakan Metode Mamdani," J. Ilm. Soulmath J. Edukasi Pendidik. Mat., vol. 5, no. 1, pp. 453, 2017, doi: 10.25139/sm.v5i1.453.