

Penerapan Metode *Fuzzy* Mamdani untuk Memprediksi Penjualan Gula

Nurlia Ningsih, Navila Teguh Pambudi, Agus Maman Abadi
 Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
 Universitas Negeri Yogyakarta
 Email: nurlia.ailrun@gmail.com

Abstrak—Penjualan merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan PT Madu Baru PG PS Madukismo yang bergerak pada bidang pengolahan gula dan spritus. Sistem penjualan PG Madukismo adalah dengan kerja sama dengan toko-toko, penjualan sales, dan adanya distributor. Prediksi jumlah barang yang akan dijual harus sesuai dengan permintaan toko dan stok kemas agar tidak mengurangi potensi dalam perhitungan penjualan. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode logika *fuzzy* Mamdani untuk memprediksi jumlah penjualan gula berdasarkan data persediaan(stok) dan jumlah permintaan. Dari beberapa model kasus yang diuji coba dengan jumlah persediaan sebanyak 704250 kg dan permintaan toko sebesar 96698 kg, sistem memprediksi sebanyak 146936,8 kg yang harus dijual. Dengan tingkat keakuratan 8,979876%.

Kata Kunci: *Penjualan, Stok, Permintaan, Metode fuzzy mamdani*

I. PENDAHULUAN

PT Madubaru PG PS Madukismo adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang produksi pengolahan tebu di Yogyakarta. Perusahaan ini memproduksi gula SHS(Super High Sugar) IA dengan jumlah penjualan berkisar antara 35.000-40.000 ton/tahun. Penjualan merupakan aspek penting dalam perusahaan yang memengaruhi keuntungan perusahaan. Jumlah penjualan yang sesuai dengan permintaan toko dan stok kemas yang ada di gudang tentunya akan mencapai target pasar yang telah ditentukan dan menaikkan potensi keuntungan perusahaan. Akan tetapi, dalam kenyataannya perhitungan dalam penjualan selalu dilakukan dengan manual sehingga mempengaruhi kebijakan perusahaan dalam penjualan. Sehingga, dibutuhkan suatu sistem yang dapat memprediksi jumlah produksi barang sesuai dengan permintaan dan persediaan.

Banyak metode yang dapat dilakukan untuk melakukan sebuah prediksi, misalnya menggunakan metode *Fuzzy Inferensi System* Tsukamoto untuk menentukan estimasi jumlah produksi gula[1] dan dengan *Particle Swarm Optimization* pada penentuan jumlah produksi gula[2]. Berdasarkan jumlah randemen, jumlah produksi pabrik pertahunnya sehingga akan didapatkan prediksi jumlah produksi pertahunnya. Kemudian, prediksi menggunakan metode *fuzzy* mamdani untuk memprediksi jumlah produksi minyak kelapa sawit[3] serta *fuzzy* Sugeno untuk mengestimasi penjualan suku cadang mobil[4]. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke ruang output[5]. Logika *fuzzy* mamdani merupakan metode yang cocok untuk memprediksi jumlah penjualan. Alasan digunakan logika *fuzzy* mamdani untuk memprediksi adalah karena strukturnya yang sederhana. Logika *fuzzy* mamdani menggunakan operasi min-max atau *max-product* dengan serangkaian aturan yang telah ditentukan yaitu IF...AND...THEN sebelumnya.

Penelitian ini membuat sistem yang dapat membantu perusahaan dalam menentukan jumlah penjualan gula yang diproduksi PT Madubaru dengan menggunakan metode logika *fuzzy* mamdani dengan 3 variabel yaitu permintaan toko, persediaan(stok kemas) dan penjualan. Penjualan dalam hal ini dilakukan oleh sales dan distributor. Kemudian dari masing-masing variabel yang telah ditentukan tersebut selanjutnya dibagi ke dalam tiga himpunan *fuzzy* lalu nilai minimal Dan maksimal dari variabel-variabel tersebut digunakan untuk nilai posisi himpunan *fuzzy*, sehingga sistem akan menampilkan jumlah prediksi yang sesuai dengan permintaan toko dan persediaan.

II. METODE PENELITIAN

Identifikasi data dilakukan dengan menentukan variabel-variabel yang diperlukan dalam melakukan perhitungan dan analisis masalah. Dalam melakukan proses penjualan dipengaruhi oleh beberapa faktor misalnya persediaan dan permintaan. Jenis data dan sumber data yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu data primer yang diperoleh secara langsung dari sumber data dengan melakukan wawancara dan survey. Data lainnya merupakan data sekunder yang diperoleh dalam bentuk sudah jadi bersifat informatif dan kutipan sebagai bahan referensi baik berupa jurnal internet maupun buku.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan Metode Mamdani yaitu menggunakan operasi MIN-MAX atau MAX-PRODUCT. Metode ini sangat sering digunakan dalam hal memprediksi. Untuk mendapatkan output, dengan empat tahapan berikut:

1. *Fuzzyfikasi* atau pembentukan himpunan *fuzzy*
2. Pembentukan basis pengetahuan *fuzzy* (*rule* dalam bentuk IF...THEN).
3. Aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN dan Komposisi antar-*rule* menggunakan fungsi MAX (menghasilkan himpunan *fuzzy* baru).
4. *Defuzzyfikasi* (penegasan)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan menggunakan metode *Centroid* atau mengambil titik pusat (z) daerah *fuzzy*. Secara umum, rumusnya sebagai berikut:

$$Z^* = \frac{\int \mu(z)z \, dz}{\int \mu(z) \, dz} \quad (1)$$

Keterangan:

$\int \mu(z)z \, dz$ = Luas momen

$\int \mu(z) \, dz$ = Luas daerah

Lalu, akan dihitung MSE dan MAPE untuk mengetahui keakurasian data.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data perbulan dari jumlah permintaan toko, persediaan dan produksi selama rentang waktu 5 tahun dimulai sejak Januari 2012-Desember 2016 yang dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. TABEL DATA PENJUALAN

Tahun	Bulan	Permintaan Toko	STOK	Penjualan(P_x)
2012	Januari	96698	704250	135125
2012	Februari	72960	792000	116775
2012	Maret	132374	820500	108250
2012	April	54875	704025	84200
...
2016	Nopember	46500	786430	45025
2016	Desember	63825	324990	44245

Dari dua buah variabel input dan satu buah variabel output, telah ditentukan pembentukan aturan output dengan cara menganalisa data terhadap batas setiap himpunan *fuzzy* sehingga terdapat 9 aturan *fuzzy* yang akan dipakai dalam penelitian ini, dengan aturan IF permintaan AND stok THEN penjualan, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2. ATURAN FUZZY

No	Variabel		
	Permintaan	Stok	Penjualan
1	Rendah	Tinggi	Turun
2	Rendah	Sedang	Turun
3	Rendah	Rendah	Turun
4	Sedang	Tinggi	Turun
5	Sedang	Sedang	Sedang
6	Sedang	Rendah	Naik
7	Tinggi	Tinggi	Naik
8	Tinggi	Sedang	Naik
9	Tinggi	Rendah	Naik

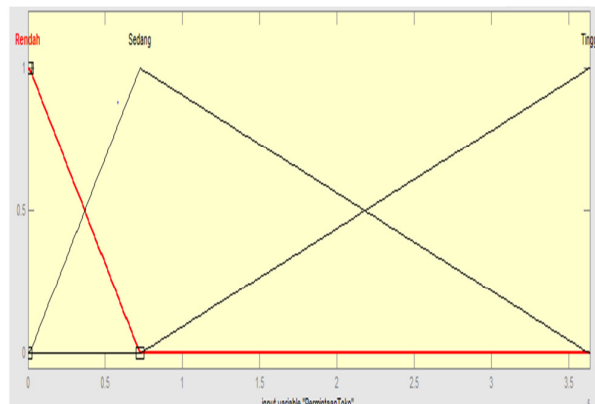
Berikut adalah cara untuk mendapatkan nilai keanggotaan berdasarkan variabel linguistik dan variabel numerik yang digunakan:

$$\mu[x]\text{rendah} = \begin{cases} 1 & , x \leq 1000 \\ \frac{72475-x}{714725} & , 1000 \leq x \leq 72475 \\ 0 & , x \geq 72475 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu[x]\text{sedang} = \begin{cases} 0 & , x \leq 1000 \text{ atau } x \geq 363725 \\ \frac{x-1000}{71475} & , 1000 \leq x \leq 72475 \\ \frac{363725-x}{291250} & , 72475 \leq x \leq 363725 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu[x]\text{tinggi} = \begin{cases} 0 & , x \leq 72475 \\ \frac{x-72475}{291250} & , 72475 < x < 363725 \\ 1 & , x \geq 363725 \end{cases} \quad (4)$$

Persamaan di atas merupakan persamaan untuk mencari nilai keanggotaan dari suatu variabel permintaan. Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* rendah, sedang, dan tinggi dari variabel permintaan direpresentasikan pada Gambar 1.



GAMBAR 1. HIMPUNAN FUZZY DARI VARIABEL PERMINTAAN

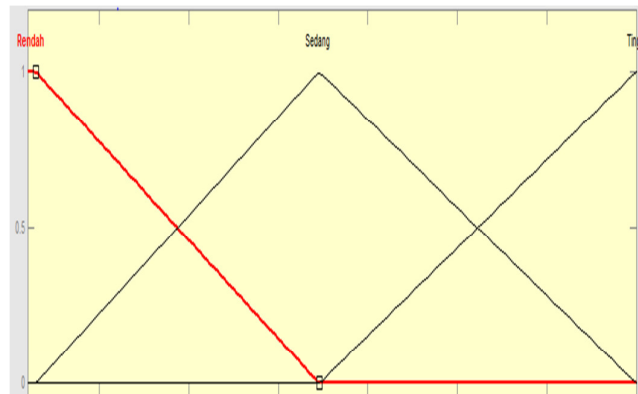
Pada variabel Stok kemas, terbagi menjadi 3 buah yaitu rendah, sedang, tinggi. Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu[x]\text{rendah} = \begin{cases} 1 & , x \leq 229000 \\ \frac{545805-x}{316805} & , 229000 \leq x \leq 545805 \\ 0 & , x \geq 545805 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu[x]\text{sedang} = \begin{cases} 0 & , x \leq 229000 \text{ atau } x \geq 899755 \\ \frac{x-229000}{316805} & , 229000 \leq x \leq 545805 \\ \frac{899755-x}{353950} & , 545805 \leq x \leq 899755 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu[x]\text{tinggi} = \begin{cases} 0 & , x \leq 545805 \\ \frac{x-545805}{353950} & , 545805 \leq x \leq 899755 \\ 1 & , x \geq 899755 \end{cases} \quad (7)$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* rendah, sedang, dan tinggi dari variabel permintaan direpresentasikan pada Gambar 2.



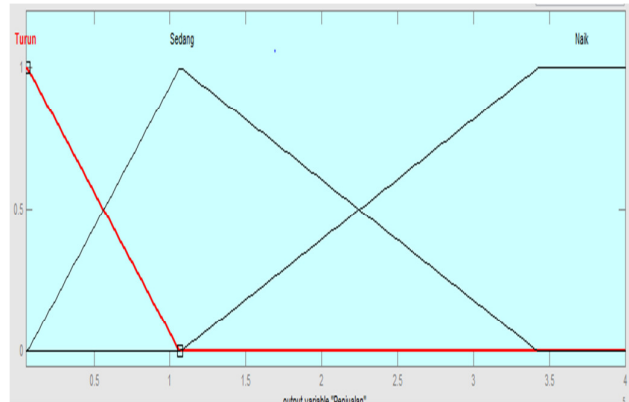
GAMBAR 2. HIMPUNAN FUZZY DARI VARIABEL STOK

$$\mu[x]\text{turun} = \begin{cases} 1 & , x \leq 5925 \\ \frac{106625-x}{100700} & , 5925 \leq x \leq 106625 \\ 0 & , x \geq 106625 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu[x]\text{sedang} = \begin{cases} 0 & , x \leq 5925 \text{ atau } x \geq 342865 \\ \frac{x-5925}{100700} & , 5925 \leq x \leq 106625 \\ \frac{342865-x}{236240} & , 106625 < x < 342865 \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu[x]\text{banyak} = \begin{cases} 0 & , x \leq 106625 \\ \frac{x-106625}{236240} & , 106625 \leq x \leq 342865 \\ 1 & , x \geq 342865 \end{cases} \quad (10)$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* rendah, sedang, dan tinggi dari variabel permintaan direpresentasikan pada Gambar 3.



GAMBAR 3. HIMPUNAN FUZZY DARI VARIABEL PENJUALAN

Jika diketahui permintaan yang akan dicari pada Januari 2012 dengan berdasarkan tabel 1 di atas maka dapat diperoleh nilai keanggotaan dari variabel permintaan sebanyak 96698 kg, dengan persamaan (11) dan (12).

$$\mu[x]\text{sedang} = \frac{3633725 - 96698}{291250} = 0,916831 \quad (11)$$

$$\mu[x]\text{tinggi} = \frac{96698 - 72475}{291250} = 0,083169 \quad (12)$$

dan untuk variabel persediaan sebanyak 704250 kg dapat dilihat pada persamaan (13) dan (14).

$$\mu[x]\text{sedang} = \frac{899755 - 704250}{353950} = 0,552352 \quad (13)$$

$$\mu[x]\text{tinggi} = \frac{704250 - 545805}{353950} = 0,447648 \quad (14)$$

kemudian, masukkan himpunan ke dalam aturan *fuzzy*.

[R4] If Permintaan sedang and Persediaan Tinggi Then Penjualan Turun

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat } 1 &= \mu_{\text{permintaan sedang}}[x] \cap \mu_{\text{persediaan tinggi}} \\ &= \min(0,916831; 0,447648) = 0,447648 \end{aligned}$$

[R5] If permintaan sedang and persediaan sedang then penjualan sedang

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat } 1 &= \mu_{\text{permintaan sedang}}[x] \cap \mu_{\text{persediaan sedang}} \\ &= \min(0,916831; 0,552352) = 0,552352 \end{aligned}$$

[R7] If Permintaan tinggi and persediaan tinggi then penjualan naik

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat } 1 &= \mu_{\text{permintaan tinggi}}[x] \cap \mu_{\text{persediaan tinggi}} \\ &= \min(0,083169; 0,447648) = 0,083169 \end{aligned}$$

[R8] If permintaan tinggi and persediaan sedang then produksi naik

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat } 1 &= \mu_{\text{permintaan tinggi}}[x] \cap \mu_{\text{persediaan sedang}} \\ &= \min(0,083169; 0,552352) = 0,083169 \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya setelah tahapan inferensi adalah menentukan nilai a_1, a_2, a_3, a_4 sebagai batas atas dan batas bawah dalam fungsi keanggotaan dengan persamaan (15), (16), (17), dan (18).

$$\frac{a_1 - 5925}{100700} = 0,447648 \quad (15)$$

$$a_1 = 51003,15$$

$$\frac{a_2 - 5925}{100700} = 0,552352 \quad (16)$$

$$a_2 = 61546,85$$

$$\frac{342865 - a_3}{236240} = 0,552352 \quad (17)$$

$$a_3 = 212377,4$$

$$\frac{342865 - a_4}{236240} = 0,083169 \quad (18)$$

$$a_4 = 323217,1$$

Hasil keanggotaan dari komposisi ini adalah:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0,447648 & x \leq 51003,15 \\ \frac{x-5925}{100700} & 51003,15 \leq x < 61546,85 \\ 0,552352 & 61546,85 \leq x \leq 106625 \\ 0,552352 & 106625 \leq x \leq 212377,4 \\ \frac{342865-x}{236240} & 212377,4 \leq x \leq 323217,1 \\ 0,083169 & x \geq 323217,1 \end{cases} \quad (19)$$

Setelah mendapatkan batas atas dan bawah kemudian menghitung luas momen dan luas daerah dengan persamaan (20) dan (21).

$$\begin{aligned} \int \mu(x)x \, dx &= \int_0^{51003,15} (0,447648)x \, dx + \int_{51003,15}^{61546,85} \left(\frac{x-5925}{100700}\right)x \, dx + \int_{61546,85}^{106625} (0,552352)x \, dx \\ &+ \int_{106625}^{212377,4} (0,552352)x \, dx + \int_{212377,4}^{323217,1} \left(\frac{342865-x}{236240}\right)x \, dx + \int_{323217,1}^{342865} (0,083169)x \, dx \\ &= 21786237125 \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \int \mu(x) \, dx &= \int_0^{51003,15} 0,447648 \, dx + \int_{51003,15}^{61546,85} \left(\frac{x-5925}{100700}\right) \, dx + \int_{61546,85}^{106625} (0,552352) \, dx \\ &+ \int_{106625}^{212377,4} (0,552352) \, dx + \int_{212377,4}^{323217,1} \left(\frac{342865-x}{236240}\right) \, dx + \int_{323217,1}^{342865} (0,083169) \, dx \\ &= 148269,4 \end{aligned} \quad (21)$$

Kemudian, menghitung penegasan (*defuzzyfikasi*) menggunakan rumus persamaan (1).

$$Z^* = \frac{\int \mu(z)z \, dz}{\int \mu(z) \, dz}$$

$$= \frac{21786237125}{148269,4}$$

$$= 146936,8$$

Jadi, berdasarkan data diperoleh bahwa prediksi penjualan gula sebanyak 146936,4 kg.

Dari data prediksi yang didapat, maka akan ditentukan sejauh mana keakuratan model:

a. MSE(Mean Square Error)

MSE merupakan kriteria prediksi dengan mengkuadratkan setiap error dan dibagi sebanyak jumlah data[6] dan ditunjukkan pada Tabel 3.

TABEL 3. MSE

Tahun	Bulan	$Px = y$ (sebenarnya)	$Px = y^*$ (prediksi)	$e_i^2 = (y - y^*)^2$
2012	Januari	135125	146936,8	139518619
2012	Februari	116775	116904,2	16692,64
2012	Maret	108250	102667,5	31164529,6
2012	April	84200	88441	17986081
...
2016	Nopember	45025	46294,6	1611884,16
2016	Desember	44245	44315,2	4928,04
$\sum_{i=1}^{60} e_i^2$				3216878888

Setelah nilai jumlah kuadrat error diperoleh, maka bagi nilai kuadrat error tersebut dengan banyaknya jumlah data. Sehingga nilai MSE-nya diperoleh melalui persamaan (22)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{60} (y - y^*)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{60} e_i^2 \quad (22)$$

$$= \frac{3216878888}{60}$$

$$= 53614648,1$$

b. MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

MAPE merupakan rata-rata dari keseluruhan persentase kesalahan antara data aktual dengan data prediksi[6]. Untuk menghitung nilai MAPE maka akan dihitung jumlah nilai absolut error untuk semua data kemudian bagi nilai absolut error tersebut dengan data data sebenarnya.

Tahun	Bulan	$Px = y$ (sebenarnya)	$Px = y^*$ (prediksi)	$\frac{ y - y^* }{y}$
2012	Januari	135125	146936,8	0,087414
2012	Februari	116775	146904,2	0,001106
2012	Maret	108250	92667,48	0,051571
2012	April	84200	188441	0,050368
...
2016	Nopember	45025	176294,6	0,028198
2016	Desember	44245	124315,2	0,001587
$\sum_{i=1}^{60} \frac{ y - y^* }{n}$				5,387926

Maka diperoleh nilai MAPE dengan persamaan (23).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{60} \frac{|y - y^*|}{n} \times 100\% \quad (23)$$

$$= \frac{5,387926}{60} \times 100\%$$

$$= 8,979876\%$$

IV. SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem yang dapat memprediksi jumlah penjualan berdasarkan data permintaan dan data persediaan, dengan menggunakan logika fuzzy mamdani terdapat selisih 11811,8 untuk bulan Januari 2012. Dengan menghitung MSE dan MAPE untuk keseluruhan data diperoleh 53614648,1 dan 8,979876%. Sehingga hal ini dianggap cocok dan sesuai oleh bagian penjualan. Karena tingkat akurasi yang masih cukup tinggi, maka diperlukan peningkatan model sistem untuk memprediksi penjualan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. A. Hadiyanti, A. S. Hanggowibowo, M. Suhayati, "Analiss perbandingan metode *fuzzy inferensi sistem* Tsukamoto dan Mamdani dalam penentuan estiasi jumlah produksi gula,"
- [2] N. I. Safitri, B. D. Setiawan, Indriati, "Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Inference System Tsukamoto dengan Particle Swarm Optimization pada Penentuan Jumlah Produksi Gula(Studi Kasus: Pabrik Gula Kebonagung Malang),"
- [3] D. M. Sukandy, A. T. Basuki, S. Puspasari, "Penerapan Metode *Fuzzy Mamdani* untuk Memprediksi Jumlah Produksi Minyak Sawit Berdasarkan Data Persediaan dan Jumlah Permintaan(Studi Kasus PT Perkebunan Mitra Ogan Baturaja)," 2013.
- [4] N. Mariyansari, "Estimasi Penjualan Suku Cadang Mobil Menggunakan *Fuzzy Sugeno*,"
- [5] S. Kusumadewi, dan H. Purnomo, "Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan," Edisi 1. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004, 1-3.
- [6] T. Y. Fitra, "Aplikasi sistem fuzzy untuk prediksi harga *crude palm oil*(CPO)," 2014.