

Penentuan Jumlah Produksi Dalam Industri Digital Printing Yang Berkhusus Pada Percetakan Banner Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno

Rahmad Haryadi¹, Rizky Meilidhan²

^{1,2}Program Studi Sistem Informasi, Universitas Darwan Ali

Email : semarhary23@gmail.com², rizkymeilidhani@gmail.com³

ABSTRACT— The Fuzzy Sugeno method can be used to predict raw material inventory at Big Boss company engaged in printing. This method can overcome the complexity of production problems that have many influencing factors and cannot be determined with certainty. By using Fuzzy Sugeno and three input variables, namely initial inventory, purchasing, and production, optimal output can be obtained in the form of ending stock. The initial inventory variable shows the amount of raw materials available before the production process, the purchasing variable shows the amount of raw materials purchased for use in the production process, and the production variable shows the number of products produced from the production process. The expected output from this method is the optimal final stock, which is the amount of raw materials remaining after the production process is complete. By using the Fuzzy Sugeno method, optimal final stock can be obtained by optimizing the production process and reducing the risks associated with uncertain demand. By using this method, the amount of goods produced can be determined better and more accurately. The MAPE value obtained at 38% is included in the reasonable category so that it can be used as a reference in making decisions in managing raw material supplies in the next period. It is necessary to re-evaluate in the next period to find out the progress of the prediction results.

Keywords— Inventory, Raw Materials, Fuzzy Sugeno, Fuzzy Logic, MAPE.

ABSTRAK— Metode Fuzzy Sugeno dapat digunakan untuk memprediksikan persediaan bahan baku pada perusahaan Big Boss yang bergerak di bidang pembuatan percetakan. Metode ini dapat mengatasi kompleksitas permasalahan produksi yang memiliki banyak faktor yang mempengaruhi dan tidak dapat ditentukan dengan pasti. Dengan menggunakan Fuzzy Sugeno dan tiga variabel input yaitu persediaan awal, pembelian, dan produksi, dapat diperoleh output yang optimal dalam bentuk stok akhir. Variabel persediaan awal menunjukkan jumlah bahan baku yang ada pada saat sebelum proses produksi, variabel pembelian menunjukkan jumlah bahan baku yang dibeli untuk digunakan dalam proses produksi, dan variabel produksi menunjukkan jumlah produk yang dihasilkan dari proses produksi. Output yang diharapkan dari metode ini adalah stok akhir yang optimal, yaitu jumlah bahan baku yang tersisa setelah proses produksi selesai dilakukan. Dengan menggunakan metode Fuzzy Sugeno, dapat diperoleh stok akhir yang optimal dengan cara mengoptimalkan proses produksi dan mengurangi risiko yang terkait dengan permintaan yang tidak pasti. Dengan menggunakan metode ini, jumlah produksi barang dapat ditentukan dengan lebih baik dan akurat. Nilai MAPE yang didapat sebesar 38% termasuk pada kategori reasonable (masuk akal) sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam mengambil keputusan dalam pengelolaan persediaan bahan baku di periode berikutnya. Perlu dilakukan evaluasi ulang pada periode berikutnya untuk mengetahui perkembangan dari hasil prediksi tersebut.

Kata kunci— Persediaan, Bahan Baku, Fuzzy Sugeno, Fuzzy Logic, MAPE.

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri percetakan, persaingan pasar biasanya cukup ketat. Beberapa faktor yang mempengaruhi persaingan pasar di industri ini antara lain: Jumlah pesaing: Industri percetakan cenderung mengalami persaingan yang cukup ketat karena banyaknya perusahaan yang bergerak dalam bidang ini. Teknologi: Persaingan pasar dalam industri percetakan juga dipengaruhi oleh teknologi yang digunakan. Perusahaan yang menggunakan teknologi terbaru dan canggih akan lebih mampu bersaing dibandingkan dengan perusahaan yang menggunakan teknologi lama. Harga: Harga juga menjadi faktor penting dalam persaingan pasar dalam industri percetakan. Perusahaan yang mampu menawarkan harga yang lebih kompetitif akan lebih mampu bersaing dibandingkan dengan perusahaan yang menawarkan harga yang lebih tinggi. Kualitas: Kualitas

produk juga menjadi faktor penting dalam persaingan pasar dalam industri percetakan. Perusahaan yang mampu menghasilkan produk yang berkualitas tinggi akan lebih mampu bersaing dibandingkan dengan perusahaan yang menghasilkan produk yang kualitasnya rendah. Layanan: Layanan yang diberikan juga menjadi faktor penting dalam persaingan pasar dalam industri percetakan. Perusahaan yang memberi layanan yang baik akan lebih dapat bersaing dibandingkan dengan perusahaan yang memberikan layanan yang buruk. Branding: Branding juga menjadi faktor penting dalam persaingan pasar dalam industri percetakan. Perusahaan yang memiliki brand yang kuat akan lebih mampu bersaing dibandingkan dengan perusahaan yang brandnya lemah. Secara umum, persaingan pasar di industri percetakan cukup ketat dan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti teknologi, harga, kualitas, layanan dan branding[1].

Keuntungan yang maksimal diperoleh dari penjualan yang maksimal, karena penjualan yang tinggi akan meningkatkan pendapatan perusahaan dan membuat perusahaan dapat mengambil keuntungan yang lebih besar. Namun, perlu diingat bahwa untuk mencapai penjualan yang maksimal perlu diperhatikan faktor-faktor seperti harga, promosi, dan kualitas produk yang baik. Faktor-faktor ini harus dioptimalkan agar perusahaan dapat meningkatkan penjualan dan keuntungan yang diperoleh. Perusahaan juga harus memantau kondisi pasar dan menyesuaikan strategi penjualan sesuai dengan perubahan kondisi pasar. diproduksi lebih dari jumlah permintaan yang ada, maka akan terjadi kelebihan produksi atau overproduction. Hal ini akan menyebabkan perusahaan mengalami kerugian karena produk yang tidak laku dijual dengan harga yang lebih rendah atau bahkan tidak dapat dijual sama sekali. Oleh karena itu, dalam mencapai penjualan yang maksimal perlu diperhatikan jumlah produksi yang diproduksi agar sesuai dengan jumlah permintaan yang ada[2].

Selain itu, perusahaan juga harus memantau dan menganalisis permintaan pasar secara terus-menerus, sehingga dapat menyesuaikan produksi dan jumlah stok yang tersedia. Dengan mengoptimalkan produksi dan stok sesuai dengan permintaan pasar, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk penyimpanan produk yang tidak laku. Dalam rangka mencapai penjualan yang maksimal, perusahaan juga harus menjaga kualitas produk dan layanan yang baik serta memperhatikan kebutuhan konsumen, ini akan membuat pelanggan loyal dan dapat meningkatkan jumlah pembelian di masa depan[3].

Penentuan jumlah produksi barang menggunakan metode fuzzy sugeno adalah sebuah metode yang digunakan untuk menentukan jumlah produksi barang dengan menggunakan teori keanggotaan fuzzy dan metode sugeno. Metode ini digunakan untuk mengatasi kompleksitas permasalahan produksi yang memiliki banyak faktor yang mempengaruhi dan tidak dapat ditentukan dengan pasti. Dengan menggunakan metode ini, jumlah produksi barang dapat ditentukan dengan lebih baik dan akurat[4].

Untuk menentukan jumlah produksi dalam memenuhi permintaan konsumen yang fluktuatif tanpa menambah fasilitas yang ada, beberapa alternatif pemecahan masalah yang dapat digunakan adalah: Penjadwalan produksi fleksibel: Dengan menggunakan teknik penjadwalan produksi yang fleksibel, perusahaan dapat merespon perubahan permintaan dengan cepat tanpa harus menambah fasilitas produksi. Penggunaan sistem pemesanan online: Dengan menggunakan sistem pemesanan online, perusahaan dapat melacak permintaan konsumen secara real-time dan merespon dengan cepat. Pembuatan produk berskala kecil: Dengan mengutamakan produk berskala kecil, perusahaan dapat mengurangi risiko yang terkait dengan permintaan yang tidak pasti dan dengan mudah menyesuaikan produksi sesuai dengan permintaan. Pembuatan produk dengan bahan-bahan yang mudah didapat: Dengan menggunakan bahan-bahan yang mudah didapat, perusahaan dapat mengurangi risiko yang

terkait dengan keterbatasan bahan baku dan dengan mudah menyesuaikan produksi sesuai dengan permintaan. Fokus pada produk yang memiliki tingkat permintaan yang stabil: dengan fokus pada produk yang memiliki tingkat permintaan yang stabil, perusahaan dapat mengurangi risiko yang terkait dengan perubahan permintaan yang tidak pasti. Menggunakan metode produksi Lean Manufacturing: dengan metode ini, perusahaan dapat mengoptimalkan proses produksi, mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi, sehingga dapat menyesuaikan produksi dengan permintaan yang fluktuatif tanpa menambah fasilitas yang ada. Semua alternatif tersebut harus dipertimbangkan dengan baik dan diimplementasikan secara tepat agar dapat mengatasi masalah permintaan yang fluktuatif tanpa menambah fasilitas yang ada[5].

Menggunakan metode Fuzzy Sugeno dan tiga variabel input yaitu persediaan awal, pembelian, dan produksi dapat digunakan untuk menentukan stok akhir yang optimal. Metode ini menggunakan logika fuzzy untuk mengkonversi masukan yang tidak pasti menjadi keluaran yang lebih pasti. Fuzzy Sugeno juga dapat digunakan untuk menentukan prioritas dari variabel input dan menghitung bobot yang sesuai untuk setiap variabel untuk mencapai hasil yang diinginkan. Variabel persediaan awal menunjukkan jumlah bahan baku yang ada pada saat sebelum proses produksi, variabel pembelian menunjukkan jumlah bahan baku yang dibeli untuk digunakan dalam proses produksi, dan variabel produksi menunjukkan jumlah produk yang dihasilkan dari proses produksi. Output yang diharapkan dari metode ini adalah stok akhir yang optimal, yaitu jumlah bahan baku yang tersisa setelah proses produksi selesai dilakukan[6].

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah sebuah konsep yang digunakan untuk menangani masalah yang memiliki banyak faktor yang tidak dapat ditentukan dengan pasti. Logika fuzzy merupakan sebuah teori yang digunakan untuk mengelola informasi yang tidak pasti atau ambigu. Dalam logika fuzzy, sebuah konsep atau variabel dapat memiliki nilai keanggotaan yang berbeda-beda. Nilai keanggotaan menunjukkan seberapa besar sebuah konsep atau variabel memenuhi kategori atau kriteria tertentu. Nilai keanggotaan dapat diwakili oleh sebuah fungsi keanggotaan yang menunjukkan seberapa besar sebuah konsep atau variabel memenuhi kategori atau kriteria tertentu. Fungsi keanggotaan dapat digambarkan dalam bentuk grafik, yang menunjukkan seberapa besar sebuah konsep atau variabel memenuhi kategori atau kriteria tertentu. Beberapa contoh fungsi keanggotaan yang digunakan dalam logika fuzzy antara lain trapesium, lingkaran, dan segitiga. Logika fuzzy juga menggunakan operator-operator fuzzy seperti NOT, AND, OR, dan IMPLIES, yang digunakan untuk mengelola informasi yang tidak pasti. Logika fuzzy juga menggunakan metode inferensi fuzzy yang digunakan untuk menarik kesimpulan dari informasi yang tidak pasti. Logika fuzzy

digunakan dalam berbagai bidang, seperti sistem kendali, sistem pakar, pengambilan keputusan, dan lain-lain. Logika fuzzy menjadi populer karena kemampuannya untuk menangani masalah yang kompleks dan tidak pasti, yang tidak dapat ditangani dengan metode klasik[7].

B. Konsep Dasar Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy (fuzzy set) adalah sebuah konsep dasar dalam logika fuzzy yang digunakan untuk menangani masalah yang memiliki banyak faktor yang tidak dapat ditentukan dengan pasti. Himpunan fuzzy merupakan sebuah konsep yang digunakan untuk mengelola informasi yang tidak pasti atau ambigu. Dalam himpunan fuzzy, sebuah elemen dapat memiliki nilai keanggotaan yang berbeda-beda. Nilai keanggotaan menunjukkan seberapa besar sebuah elemen memenuhi suatu kategori atau kriteria tertentu. Nilai keanggotaan dapat diwakili oleh sebuah fungsi keanggotaan yang menunjukkan seberapa besar sebuah elemen memenuhi suatu kategori atau kriteria tertentu[8].

Fungsi keanggotaan dapat digambarkan dalam bentuk grafik, yang menunjukkan seberapa besar sebuah elemen memenuhi suatu kategori atau kriteria tertentu. Beberapa contoh fungsi keanggotaan yang digunakan dalam himpunan fuzzy antara lain trapesium, lingkaran, dan segitiga. Himpunan fuzzy juga menggunakan operator-operator fuzzy seperti NOT, AND, OR, dan IMPLIES, yang digunakan untuk mengelola informasi yang tidak pasti. Himpunan fuzzy juga menggunakan metode inferensi fuzzy yang digunakan untuk menarik kesimpulan dari informasi yang tidak pasti. Himpunan fuzzy digunakan dalam berbagai bidang, seperti sistem kendali, sistem pakar, pengambilan keputusan, dan lain-lain. Himpunan fuzzy menjadi populer karena kemampuannya untuk menangani masalah yang kompleks dan tidak pasti, yang tidak dapat ditangani dengan metode klasik[9].

C. Penalaran Fuzzy Metode Sugeno

Penalaran fuzzy metode Sugeno adalah sebuah metode inferensi fuzzy yang digunakan untuk menarik kesimpulan dari informasi yang tidak pasti. Metode ini dikembangkan oleh Prof. Dr. Takagi dan Dr. Sugeno pada tahun 1985, dan menjadi salah satu metode inferensi fuzzy yang paling populer. Metode Sugeno menggunakan sebuah sistem rule-base yang terdiri dari aturan-aturan fuzzy yang menghubungkan antara input dan output. Setiap aturan mengandung premis yang menjelaskan kondisi input dan konklusi yang menjelaskan nilai output. Metode Sugeno menggunakan metode defuzzifikasi yang digunakan untuk mengubah nilai output dari sistem rule-base menjadi nilai yang dapat diterima oleh sistem. Metode defuzzifikasi yang paling umum digunakan dalam metode Sugeno adalah metode centroid. Metode Sugeno digunakan dalam berbagai bidang, seperti sistem kendali, sistem pakar, pengambilan keputusan, dan lain-lain. Metode ini dapat digunakan untuk menangani masalah yang kompleks dan tidak pasti, seperti dalam sistem kendali, sistem pakar, dan pengambilan keputusan. Secara umum, metode penalaran fuzzy metode Sugeno

digunakan untuk mengatasi masalah yang memiliki banyak faktor yang tidak dapat ditentukan dengan pasti, yang tidak dapat ditangani dengan metode klasik. Metode ini menyediakan solusi yang lebih akurat dan efisien dibandingkan dengan metode lain.

D. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah cara untuk menentukan seberapa besar suatu nilai dari variabel input memenuhi suatu kondisi yang ditentukan. Dalam logika fuzzy, suatu variabel input dapat memiliki beberapa nilai yang berbeda dari suatu kondisi yang ditentukan. Fungsi keanggotaan digambarkan dalam bentuk grafik yang menunjukkan derajat keanggotaan suatu nilai dari variabel input terhadap suatu kondisi. Derajat keanggotaan ini berada dalam interval antara 0 dan 1, dimana 0 menunjukkan bahwa nilai tersebut tidak memenuhi kondisi sama sekali dan 1 menunjukkan bahwa nilai tersebut memenuhi kondisi sepenuhnya. Fungsi keanggotaan digunakan dalam metode Fuzzy Sugeno untuk menentukan nilai output dari sistem dengan cara mengkombinasikan nilai dari variabel input yang telah ditentukan oleh fungsi keanggotaan tersebut. Fungsi keanggotaan ini memungkinkan sistem untuk menangani masalah yang tidak pasti dan membuat keputusan yang lebih baik. Derajat keanggotaan sebuah variabel x dilambangkan dengan simbol $\mu(x)$ yang menunjukkan seberapa jauh suatu nilai dari variabel x memenuhi suatu kategori atau kondisi. Fungsi keanggotaan yang digunakan dalam penelitian dapat berupa kurva bahu atau kurva segitiga, yang digunakan untuk menentukan tingkat keanggotaan suatu nilai dari variabel x pada suatu kategori atau kondisi. Aturan-aturan yang digunakan dalam metode Fuzzy Sugeno menggunakan nilai keanggotaan sebagai faktor bobot untuk menentukan pengaruhnya pada saat melakukan inferensi dalam menarik kesimpulan. Hal ini karena nilai keanggotaan menunjukkan seberapa jauh suatu nilai dari variabel x memenuhi suatu kategori atau kondisi, sehingga dapat digunakan sebagai faktor bobot dalam menentukan pengaruhnya dalam menarik kesimpulan[10].

1) Representasi Kurva Bahu

Fungsi (1) keanggotaan yang merepresentasikan kurva bahu kiri:

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

Fungsi (2) keanggotaan yang merepresentasikan kurva bahu kanan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq b; \\ \frac{x-b}{c-b}, & b \leq x \leq c; \\ 1, & x \geq c. \end{cases} \quad (2)$$

- 2) Representasi kurva segitiga
Fungsi (3) keanggotaan yang merepresentasikan kurva segitiga adalah

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b; \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c. \end{cases} \quad (3)$$

Keterangan :

- a , b , dan c merupakan nilai-nilai dari domain yang digunakan dalam fungsi keanggotaan untuk menentukan derajat keanggotaan suatu nilai x dari variabel yang dianalisis.
- a adalah nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol, artinya nilai x yang lebih kecil dari a tidak memenuhi kategori atau kondisi yang ditentukan.
- b adalah nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu, artinya nilai x yang sama dengan b memenuhi kategori atau kondisi yang ditentukan sepenuhnya.
- c adalah nilai domain yang terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol, artinya nilai x yang lebih besar dari c tidak memenuhi kategori atau kondisi yang ditentukan.

Fungsi yang digunakan untuk memetakan kembali nilai Fuzzy menjadi nilai crisp yang menjadi output/nilai solusi dalam permasalahan disebut sebagai Defuzzifikasi. Ada beberapa metode Defuzzifikasi yang dapat digunakan, seperti metode Centroid, metode Mean of Maximum (MOM), dan lainnya[2].

E. Presentasi

Mean Percentage Error (MPE) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur ketepatan suatu model peramalan dengan menghitung rata-rata dari perbedaan persentase antara nilai yang diharapkan dan nilai yang dihasilkan oleh model peramalan. MPE dihitung dengan rumus (4):

$$(100/n) * \sum ((\text{Actual} - \text{Forecast})/\text{Actual})$$

$$MPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{(y_t - \hat{y}_t)}{y_t} \times 100\%}{n} \quad (4)$$

dimana n adalah jumlah data, Actual adalah nilai yang diharapkan dan Forecast adalah nilai yang dihasilkan oleh model peramalan.

MPE digunakan untuk mengukur ketepatan model peramalan dalam persentase, sehingga mudah dibandingkan dengan model lain. MPE dianggap sebagai metrik yang baik untuk mengukur ketepatan model peramalan dalam situasi dimana nilai yang diharapkan cukup besar dan tidak memiliki nilai nol. Namun, MPE memiliki kelemahan ketika nilai yang diharapkan = 0, maka nilai MPE menjadi tidak dapat dihitung[4].

TABEL I
STOK TIAP BULAN

Bulan	Persediaan awal	Pembelian	Produksi	Stok akhir
Januari	2.133	42.181	40.963	3.988
Februari	3.988	57.392	41.575	19.805
Maret	19.805	16.467	25.966	10.306
April	10.306	45.586	46.276	9.616
Mei	9.616	35.165	27.063	17.718
Juni	17.718	7.873	4.234	21.357
Juli	21.357	14.188	17.652	17.893
Agustus	17.893	27.522	29.389	16.026
September	16.026	29.757	31.420	14.363
Oktober	14.363	38.985	33.967	19.371
November	19.371	29.852	37.715	11.508
Desember	11.508	25.665	28.087	9.086

Langkah pertama dalam metode Fuzzy Sugeno adalah pembentukan variabel fuzzy sugeno. Variabel-variabel ini dibentuk dengan menentukan kategori atau kondisi yang sesuai untuk setiap variabel dan menetapkan nilai-nilai dari domain yang digunakan dalam fungsi keanggotaan. Dalam kasus yang Anda sampaikan, variabel input yang digunakan adalah persediaan awal, pembelian, dan produksi, sedangkan variabel output adalah stok akhir. Variabel-variabel ini dibentuk dengan menentukan kategori-kategori yang sesuai untuk setiap variabel, seperti "rendah" untuk persediaan awal, "sedang" untuk pembelian, dan "tinggi" untuk produksi. Kemudian, nilai-nilai dari domain yang digunakan dalam fungsi keanggotaan ditentukan untuk setiap kategori.

TABEL II
VARIABEL STOK

Fungsi	Variabel		Semesta pembicaraan
	NAMA	NOTASI	
Input	Persediaan awal	Psd	[2.133 – 21.357]
	PEMBELIAN	PBL	[7.873 – 57.392]
	PRODUKSI	PRD	[4.234 - 46.276]
Output	Stok akhir	Sta	[3.988 – 21.357]

Setelah variabel fuzzy sugeno dibentuk, langkah selanjutnya adalah menentukan aturan-aturan yang digunakan dalam inferensi. Aturan-aturan ini berisi kondisi-kondisi yang digabungkan dari variabel input dan menentukan nilai dari variabel output yang sesuai dengan kondisi tersebut. jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.

TABEL III
VARIABEL INPUT STOK

Input	Perse diaan awal		Pe mb elia n		Produ ksi		Stok akhir	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Banyak	11. 751	21. 500						
Sedikit	2. 000	11. 750						
Bertamb ah			32. 501	57.50 0				
Berkura ng			7.5 00	32.50 0				
Tinggi					25.25 1	46.50 0		
Rendah					4. 000	25. 250		
Terbesar							12.50 1	21. 500
Terkecil							3. 500	12. 500

Selanjutnya, nilai keanggotaan dari setiap variabel input digunakan sebagai faktor bobot dalam menentukan pengaruhnya pada saat melakukan inferensi dalam menarik kesimpulan. Dan akhirnya, hasil dari inferensi diubah menjadi nilai crisp melalui proses Defuzzifikasi.

[R1] IF Persediaan Awal Banyak And Pembelian Bertambah dan Produksi Tinggi THEN Stok Akhir Terbesar

[R2] IF Persediaan Awal Banyak And Pembelian Bertambah And Produksi Rendah THEN Stok Akhir Terkecil

[R3] IF Persediaan Awal Banyak And Pembelian Berkurang And Tinggi THEN Stok Akhir Terbesar

[R4] IF Persediaan Awal Banyak And Pembelian Berkurang And Rendah THEN Stok Akhir Terbesar

[R5] IF Persediaan Awal Sedikit And Pembelian Bertambah And Tinggi THEN Stok Akhir Terkecil

[R6] IF Persediaan Awal Sedikit And Pembelian Bertambah And Rendah THEN Stok Akhir Terkecil

[R7] IF Persediaan Awal Sedikit And Pembelian Berkurang And Tinggi THEN Stok Akhir Terbesar

[R8] IF Persediaan Awal Sedikit And Pembelian Berkurang And Rendah THEN Stok Akhir Terbesar

III. DESAIN, HASIL DAN PEMBAHASAN

fuzzy sugeno dibentuk dan aturan-aturan ditentukan, langkah selanjutnya dalam metode Fuzzy Sugeno adalah menentukan fungsi implikasi. Fungsi implikasi digunakan untuk mengkombinasikan nilai keanggotaan dari variabel input dan menentukan nilai keanggotaan dari variabel output yang sesuai dengan kondisi tersebut. Ada beberapa jenis fungsi implikasi yang dapat digunakan dalam fuzzy, seperti produksi (PRD), pembelian (PBL), persediaan awal (PSA), dan 1 variabel output Stok Akhir (STA).

Dalam perhitungan variabel input bulan Januari, data-data dari variabel input (PRD, PBL, PSA) dianalisis dan dikonversi menjadi nilai keanggotaan dengan menggunakan fungsi keanggotaan yang ditentukan sebelumnya. Kemudian, nilai keanggotaan dari variabel input tersebut digabungkan dengan aturan-aturan yang ditentukan untuk menentukan nilai keanggotaan dari variabel output yaitu STA.

Perhitungan dilakukan untuk setiap bulan pada data yang digunakan dan di analisis, sehingga di dapatkan nilai STA yang optimal setiap bulannya.

a. Persediaan Awal

Implikasi dari input variabel Persediaan Awal yang memiliki domain Banyak 21.500 dan Sedikit 2.000 adalah bahwa jika jumlah persediaan awal banyak, maka akan memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan jika jumlah persediaan awal sedikit. Ini berarti bahwa jika jumlah persediaan awal banyak, maka sistem atau proses yang berkaitan dengan persediaan awal akan lebih stabil dan dapat mengatasi permintaan yang lebih tinggi dibandingkan jika jumlah persediaan awal sedikit. Berikut adalah fungsi (5) implikasi variabel Persediaan Awal

$$\mu_{PSA} \text{ Banyak } [w] = \frac{PSA \text{ Banyak} - w}{PSA \text{ Banyak} - PSA \text{ Sedikit}}$$

$$\mu_{PSA} \text{ Sedikit } [w] = \frac{w - PSA \text{ Sedikit}}{PSA \text{ Banyak} - PSA \text{ Sedikit}} \quad (5)$$

b. Pembelian

Implikasi dari input variabel Pembelian yang memiliki domain Bertambah 57.500 dan Berkurang 7.500 adalah bahwa jika jumlah pembelian bertambah, maka akan memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan jika jumlah pembelian berkurang. Ini berarti bahwa jika jumlah pembelian bertambah, maka sistem atau proses yang berkaitan dengan pembelian akan lebih stabil dan dapat mengatasi permintaan yang lebih tinggi dibandingkan jika jumlah pembelian berkurang. Implikasi dari input variabel Produksi yang memiliki domain Tinggi 46.500 dan Rendah 4.000 adalah bahwa jika jumlah produksi tinggi, maka akan memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan jika jumlah produksi rendah. Ini berarti bahwa jika jumlah produksi tinggi, maka sistem atau proses yang berkaitan dengan produksi akan lebih stabil dan dapat mengatasi permintaan yang lebih tinggi dibandingkan jika jumlah produksi rendah.

Berikut adalah fungsi implikasi variabel Produksi :

$$\mu_{PBL} \text{ Bertambah } [x] = \frac{PBL \text{ Bertambah} - x}{PBL \text{ Bertambah} - PBL \text{ Berkurang}}$$

$$\mu_{PBL} \text{ Berkurang } [x] = \frac{x - PBL \text{ Berkurang}}{PBL \text{ Bertambah} - PBL \text{ Berkurang}} \quad (6)$$

c. Stok Akhir

Implikasi dari output variabel Stok Akhir yang memiliki domain Terbesar 21.500 dan Terkecil 3.500 adalah bahwa jika jumlah stok akhir terbesar, maka akan memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan jika jumlah stok akhir terkecil. Ini berarti bahwa jika jumlah

stok akhir terbesar, maka sistem atau proses yang berkaitan dengan stok akhir akan lebih stabil dan dapat mengatasi permintaan yang lebih tinggi dibandingkan jika

jumlah stok akhir terkecil. Berikut adalah Tabel 5 fungsi implikasi variabel Stok Akhir:

TABEL IV
FUNGSI IMPLIKASI VARIABEL STOK AKHIR

Bulan	Persediaan awal		Pembelian		Produksi		Stok akhir	
	Banyak	Sedikit	Bertambah	Berkurang	Tinggi rendah	Terbesar		Terkecil
Januari	1.987	0.014	0.587	1.413	0.261	1.739	1.946	0.054
Februari	1.796	0.204	0.004	1.996	0.232	1.768	0.188	1.812
Maret	0.174	1.826	1.641	0.359	0.966	1.034	1.244	0.756
April	1.148	0.852	0.477	1.523	0.011	1.989	1.321	0.680
Mei	1.219	0.781	0.893	1.107	0.915	1.085	0.420	1.580
Juni	0.388	1.612	1.985	0.015	1.989	0.011	0.016	1.984
Juli	0.015	1.985	1.733	0.268	1.358	0.642	0.401	1.599
Agustus	0.370	1.630	1.199	0.801	0.805	1.195	0.608	1.392
September	0.561	1.439	1.110	0.890	0.710	1.290	0.793	1.207
Oktober	0.732	1.268	0.741	1.259	0.590	1.410	0.237	1.763
November	0.218	1.782	1.106	0.894	0.413	1.587	1.110	0.890
December	1.025	0.975	1.273	0.727	0.867	1.134	1.379	0.621

Hasil yang ditentukan dapat dilihat pada tabel 6.

TABEL V
MENCARI ALPHA

Bulan	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Total alpha
Januari	0.261	0.587	0.261	1.413	0.014	0.014	0.014	0.014	2.576
Februari	0.004	0.004	0.232	1.768	0.004	0.004	0.204	0.204	2.425
Maret	0.174	0.174	0.174	0.174	0.966	1.034	0.359	0.359	3.413
April	0.011	0.477	0.011	1.148	0.011	0.477	0.011	0.852	2.995
Mei	0.893	0.893	0.915	1.085	0.781	0.781	0.781	0.781	6.911
Juni	0.388	0.011	0.015	0.011	1.612	0.011	0.015	0.011	2.074
Juli	0.015	0.015	0.015	0.015	1.358	0.642	0.268	0.268	2.594
Agustus	0.370	0.370	0.370	0.370	0.805	1.195	0.801	0.801	5.082
September	0.561	0.561	0.561	0.561	0.710	1.110	0.710	0.890	5.665
Oktober	0.590	0.732	0.590	0.732	0.590	0.741	0.590	1.259	5.823
November	0.218	0.218	0.218	0.218	0.413	1.106	0.413	0.894	3.700
Desember	0.867	1.025	0.727	0.727	0.867	0.975	0.727	0.727	6.640

Hasil dari perhitungan untuk stok akhir Bulan Januari adalah 10.869 Lembar.

Hasil yang ditentukan dapat dilihat pada tabel 7.

TABEL VI
HASIL DEFUZZIFIKASI

Bulan	a1*z1	a2*z2	a3*z3	a4*z4	a5*z5	a6*z6	a7*z7	a8*z8	Total a*z	OUTPUT (Z)
										Total (a*z)/a
JANUARI	4.991	5.160	4.991	12.413	49	49	292	49	27.996	10.869
FEBRUARI	93	15	4.500	9.880	15	15	4.010	1.088	19.616	8.089
MARET	3.466	881	3.466	3.466	11.787	13.235	6.554	2.413	45.267	13.264
APRIL	226	3.712	226	12.822	38	3.712	226	9.513	30.475	10.174
MEI	12.026	10.311	12.137	12.734	8.225	8.225	11.303	8.225	83.188	12.036
JUNI	6.986	40	319	236	29.032	40	319	40	37.011	17.846
JULI	313	53	313	313	21.340	5.963	5.108	1.580	34.985	13.488
AGUSTUS	6.723	2.527	6.723	6.723	8.654	17.029	11.447	8.576	68.402	13.460
SEPTEMBER	9.235	4.803	9.235	9.235	7.017	14.968	10.726	10.249	75.468	13.321
OKTOBER	9.550	7.386	9.550	10.917	5.195	7.529	9.550	18.683	78.361	13.456
NOPEMBER	4.266	1.194	4.266	4.266	2.985	14.879	7.351	10.324	49.531	13.385
DESEMBER	11.873	13.041	10.871	10.871	9.791	11.972	10.871	7.295	86.585	13.041

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur ketepatan suatu model peramalan dengan menghitung rata-rata dari perbedaan absolut persentase antara nilai yang diharapkan dan nilai yang dihasilkan oleh model peramalan. MAPE dihitung dengan rumus (7): dimana n adalah jumlah data, Actual adalah nilai yang diharapkan dan Forecast adalah nilai yang dihasilkan oleh model peramalan.

$$MAPE = 100 \sum_{n} \frac{|\hat{Y}_t - Y_t|}{Y_t} \quad (7)$$

Keterangan :

Y_t = Nilai Aktual

$\hat{Y}_t$ = Nilai Prediksi

N = Jumlah Observasi

$$(100/n) * \sum (Actual - Forecast)/Actual|$$

MAPE digunakan untuk mengukur ketepatan model peramalan dalam persentase, sehingga mudah dibandingkan dengan model lain. MAPE dianggap sebagai metrik yang baik untuk mengukur ketepatan model peramalan dalam situasi dimana nilai yang diharapkan cukup besar dan tidak memiliki nilai nol. Namun, MAPE juga memiliki kelemahan ketika nilai yang diharapkan = 0, maka nilai MAPE menjadi tidak dapat dihitung.

Untuk menghitung stok akhir keseluruhan dari bulan Januari sampai Desember 2021 dengan menggunakan metode Fuzzy Sugeno, Anda harus melakukan beberapa langkah:

1. Tentukan input variabel yang digunakan dalam perhitungan, seperti Persediaan Awal, Pembelian, dan Produksi.
2. Tentukan domain dari setiap input variabel, seperti Banyak, Sedikit, Bertambah, Berkurang, Tinggi, dan Rendah.
3. Tentukan fungsi keanggotaan dari setiap domain, seperti trapesium, himpunan fuzzy, dll.
4. Tentukan rule-rule yang digunakan dalam perhitungan, seperti "Jika Persediaan Awal Banyak dan Pembelian Bertambah maka Stok Akhir Tinggi"
5. Tentukan nilai-nilai dari setiap input variabel selama periode Januari sampai Desember 2021
6. Hitung nilai stok akhir dengan mengaplikasikan rule-rule dan nilai-nilai input variabel ke dalam sistem Fuzzy Sugeno.

Untuk hitungan yang lebih rinci, Anda perlu mengetahui detail dari sistem yang digunakan, seperti data-data yang digunakan, rule-rule yang diterapkan dan cara perhitungan yang digunakan.

TABEL VII
NILAI MAPE EVALUASI PREDIKSI

Nilai MAPE	Akurasi Prediksi
$MAPE \leq 10\%$	Tinggi
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Baik
$20\% < MAPE \leq 50\%$	Reasonable
$MAPE > 50\%$	Rendah

TABEL VIII
NILAI MAPE

BULAN	Actual	Forecast	Error	Absolute Value of Error	Absolute Values of Errors Divided by Actual Values.
n	Y_t	$\hat{Y}_t$	$\hat{Y}_t - Y_t$	$ \hat{Y}_t - Y_t $	$ \hat{Y}_t - Y_t /Y_t$
JANUARI	3.988	10.869	6.881	6.881	1,7254
FEBRUARI	19.805	8.089	(11.716)	11.716	0,5916
MARET	10.306	13.264	2.958	2.958	0,2870
APRIL	9.616	10.174	558	558	0,0580
MEI	17.718	12.036	(5.682)	5.682	0,3207
JUNI	21.357	17.846	(3.511)	3.511	0,1644
JULI	17.893	13.488	(4.405)	4.405	0,2462
AGUSTUS	16.026	13.460	(2.566)	2.566	0,1601
SEPTEMBER	14.363	13.321	(1.042)	1.042	0,0726
OKTOBER	19.371	13.456	(5.915)	5.915	0,3053
NOPEMBER	11.508	13.385	1.877	1.877	0,1631
DESEMBER	9.086	13.041	3.955	3.955	0,4353
TOTAL	171.037	152.428	(18.609)	51.065	4,5297
n	12				
MAPE	38				

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi dari suatu prediksi. Nilai MAPE yang didapat dari perhitungan yaitu 38% menunjukkan bahwa terdapat kesalahan sebesar 38% dari nilai aktual. Jika dikaitkan dengan tabel evaluasi prediksi, nilai 38% termasuk dalam kategori "reasonable" (masuk akal) menunjukkan bahwa hasil prediksi cukup baik dan dapat diterima. Namun, perlu diingat bahwa hasil prediksi masih memiliki kesalahan yang cukup besar dan perlu dilakukan perbaikan untuk meningkatkan akurasi prediksi. Tetapi, perlu diingat bahwa hasil evaluasi harus dibandingkan dengan standar yang ditentukan sesuai dengan kondisi dan konteks yang berlaku, dan juga perlu di evaluasi dengan metrik lain yang mungkin lebih sesuai dengan konteks dan tujuan dari perhitungan.

IV. KESIMPULAN

dapat disimpulkan bahwa metode Fuzzy Sugeno merupakan metode yang efektif dalam memprediksikan persediaan bahan baku yang optimal. Dengan menggunakan tiga variabel input yaitu persediaan awal, pembelian, dan produksi, dapat diperoleh output yang optimal dalam bentuk stok akhir. Fungsi keanggotaan yang digunakan dalam metode ini memungkinkan sistem

untuk menangani masalah yang tidak pasti dan membuat keputusan yang lebih baik. Nilai MAPE yang didapat sebesar 38% termasuk dalam kategori reasonable (masuk akal) sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam mengambil keputusan dalam pengelolaan persediaan bahan baku di periode berikutnya. Perlu dilakukan evaluasi ulang pada periode berikutnya untuk mengetahui perkembangan dari hasil prediksi tersebut.

Hasil prediksi persediaan bahan baku dengan menggunakan metode Fuzzy Sugeno yang mendapatkan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yang masuk dalam kategori reasonable (masuk akal) menunjukkan bahwa metode tersebut cukup baik dalam memprediksi persediaan bahan baku. Namun, perlu diingat bahwa hasil prediksi masih memiliki kesalahan yang cukup besar dan perlu dilakukan perbaikan untuk meningkatkan akurasi prediksi. Selain itu, hasil prediksi harus dibandingkan dengan standar yang ditentukan sesuai dengan kondisi dan konteks yang berlaku, dan juga perlu di evaluasi dengan metrik lain yang mungkin lebih sesuai dengan konteks dan tujuan dari perhitungan.

Saran yang dapat diberikan adalah untuk mengevaluasi kembali rule-rule yang digunakan dalam perhitungan, mengevaluasi data yang digunakan dan juga mencoba metode lain untuk meningkatkan akurasi prediksi. Selain itu, perlu dipertimbangkan juga untuk menambahkan input variabel yang relevan dan mengevaluasi parameter-parameter yang digunakan dalam metode Fuzzy Sugeno. Metode ini dapat digunakan sebagai acuan dalam mengambil keputusan dalam pengelolaan persediaan bahan baku di periode berikutnya. Dapat dijadikan sebagai referensi bagi perusahaan yang ingin menggunakan metode Fuzzy Sugeno dalam menentukan persediaan bahan baku yang optimal.

Perlu dilakukan evaluasi ulang pada periode berikutnya untuk mengetahui perkembangan dari hasil prediksi tersebut. Dapat menjadi alternatif pemecahan masalah dalam pengelolaan persediaan bahan baku di industri lain yang memiliki karakteristik yang sama. Namun perlu diingat bahwa metode Fuzzy Sugeno hanyalah salah satu metode dalam menentukan persediaan bahan baku yang optimal dan harus dipertimbangkan dengan metode lain.

V. REFERENSI

- [1] Adisaputro, Anggarini. 2007. Anggaran Bisnis: Analisa, Perencanaan, dan Pengendalian Laba. UPP STIM YKPN. Yogyakarta.
- [2] Adrial, Rico. 2018. Fuzzy Logic Modeling Metode Sugeno Pada Penentuan Tipe Diabetes Melitus Menggunakan MATLAB, Jurnal Ilmiah Informasi, Vol.6/No.1, Universitas Putera Batam, hal.62-68.
- [3] Bahroini, Ahmad, Andi Farmadi dan Radityo Adi Nugroho. 2016. Prediksi Permintaan Produk Mie Instan Dengan Metode Fuzzy Takagi-Sugeno, Kumpulan jurnal Ilmu Komputer, Vol.03/No.02, FMIPA UNLAM, hal. 220-230..
- [4] Gustriansyah, Rendra. 2017. Analisis Metode Single Exponential Smoothing Dengan Brown Exponential Smoothing Pada Studi Kasus Memprediksi Kuantiti Penjualan Produk Farmasidi Apotek. Universitas Indo Global Mandiri Palembang, hal. 3.5-7 – 3.5-11.
- [5] Hariri, Fajar Rohman. 2014. Penerapan Metode Fuzzy Sugeno Dalam Pendaftaran Siswa Baru di SDN Sonopatik 1 Nganjuk, Nusantara of Engineering, Vol.3/No.1, Universitas Nusantara PGRI Kediri, hal. 41-46
- [6] Irmayansyah, Irmayansyah, and Risto Bakti Utomo. "Penerapan Metode Exponential Smoothing untuk Prediksi Jumlah Produksi Minuman Teh di PT Futami Food & Beverages" Teknois, 2018, doi:10.36350/jbs.v8i2.13.
- [7] Juanda, Bambang dan Junaidi. 2012. Ekonometrika Deret Waktu. IPB Press. Bogor.
- [8] Kusumadewi, Sri, dkk. 2006. Fuzzy Multi Criteria Decision Making (FUZZY MADM), Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [9] Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo. 2010. Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan (Edisi 2). Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [10] Mulyadi, Dedy. "Komparasi Metode Logika Fuzzy Mamdani dan Metode Logika Fuzzy Sugeno sebagai Pendukung Keputusan Seleksi Bertahap" Teknois, 2016,