



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 5 Tahun 2024 Page 1730-1741

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Penerapan Algoritma Fuzzy Mamdani Terhadap Penentuan Modulus Young Kain Spandex

Khoiril Anwar^{1✉}, Muhammad Amiruddin²

Universitas PGRI Semarang

Email: anwar.khoiril717@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Kepuasan pelanggan tentunya berkaitan erat dengan kualitas sebuah produk. Semakin tinggi kualitas produk maka semakin besar kepuasan yang dirasakan pelanggan. Salah satu kualitas produksi kain dapat ditinjau dari sifat kelenturan yang didasarkan pada nilai modulus Young. Dalam menentukan modulus *Young* suatu produk, aspek yang paling utama adalah standar operasional mesin produksi. Aspek tersebut ditinjau dari kecepatan gulungan bim benang dan suhu mesin produksi. Pada penelitian ini digunakan jenis kain *spandex* dengan prosentase benang 72% Nylon dan 28% Polyester. Dengan hal ini penulis melakukan penelitian terkait penerapan metode *Algoritma Fuzzy Logic*. Penelitian ini menggunakan bantuan *software* Matlab karena menyediakan berbagai *tools* untuk metode Mamdani. Berdasarkan hasil implementasi logika fuzzy metode Mamdani dalam memprediksi modulus Young diperoleh nilai MAPE sebesar 3,25% dengan tingkat ketelitian 96,75%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan logika fuzzy metode Mamdani sangat akurat untuk memprediksi nilai modulus young pada kain polos di PT Honggang Textile Fujian, China.

Kata Kunci: *Modulus Young, Kain Spandex, Algoritma Fuzzy Logic, Mamdani*

Abstract

Customer satisfaction is certainly closely related to the quality of a product. The better the product quality, the higher customer satisfaction. One of the production qualities of fabrics can be reviewed from the properties of flexibility which is based on the value of Young's modulus. In determining the Young modulus of a product, the most important aspect is the standard operating of production machines. This aspect is reviewed from the speed of the yarn roll and the temperature of the production machine. In this study, a type of spandex fabric was used with a yarn percentage of 72% Nylon and 28% Polyester. With this, the author conducted a study related to the Application of the Fuzzy Logic Algorithm Method. The study utilized Matlab software due to its wide range of tools available for the Mamdani method, the research successfully predicted the young modulus with a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 3,25%, this indicate a high accuracy level of 96,75%. This shows that the fuzzy logic of the Mamdani method is very accurate to predict the value of the young modulus in plain fabrics at PT Honggang Textile Fujian, China.

Keyword: *Young's Modulus, Spandex Fabric, Algorithm Fuzzy Logic, Mamdani*

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi adalah salah satu faktor kemajuan di dunia industri. Kemajuan yang sedang terjadi pada saat ini mengakibatkan adanya revolusi industri 4.0 yang ditandai dengan penggunaan teknologi canggih seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI) dan *big data* guna peningkatan efisiensi produksi dan pengoptimalan rantai pasokan. Dalam lustrum terakhir, *Algoritma Fuzzy Logic* menjadi ilmu pengetahuan dan teknologi yang paling berkembang dan banyak diterapkan di dunia industri. *Fuzzy logic* adalah salah satu kecerdasan buatan yang dipelopori oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1965 yang mengatakan bahwa logika benar dan salah tidak dapat menyelesaikan masalah dalam kehidupan nyata (Suyanto, 2008).

PT Honggang Textile yang berada dikawasan industri Fuqing Shi Kota Fuzhou, China adalah perusahaan yang bergerak dibidang produksi kain. Perusahaan ini memproduksi kain dari perajutan benang, pencelupan, serta pemberian steksa gambar pada kain (sablon). Jenis kain yang di produksi sangat beragam, mulai dari kain polos (polyester, spandex, satin, nilon, keper), kain renda, dan kain sepatu. Demi memperkenalkan dagangannya PT Honggang Textile mendistribusikan produk mereka ke seluruh China dan penjuru dunia.

Kepuasan pelanggan tentunya berkaitan erat dengan kualitas sebuah produk. Semakin tinggi kualitas produk maka semakin besar kepuasan yang dirasakan oleh pelanggan. Kunci utama untuk menghasilkan produk yang berkualitas terletak pada proses

produksi yang sistematis dan terkontrol. Mesin produksi harus disetting sedemikian rupa agar bisa menghasilkan produk yang berkualitas. Akan tetapi dalam proses produksi ini, masih banyak hambatan dan permasalahan yang ditemukan. Salah satu masalah yang ada di PT Honggang Textile terletak pada hasil produksi kain yang memiliki sifat elastis atau mulur. Sifat kemuluran ini disebabkan karena adanya modulus young yang ada pada suatu kain (Serra-Parareda et al., 2021). Seringkali nilai modulus Young hasil produksi tidak sesuai dengan permintaan pelanggan.

Dengan uraian diatas, penulis melakukan sebuah penelitian tentang *Algoritma Fuzzy Logic* pada kualitas kain studi modulus Young untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional perusahaan melalui penggunaan kecerdasan buatan. Rumusan masalah dari penelitian adalah bagaimana cara menerapkan *Algoritma Fuzzy Logic* terhadap penentuan modulus Young kain dengan batasan masalah yaitu mengetahui *Modulus Young* pada kain polos *spandex* prosentase benang 72% *Nylon* dan 28% *Polyester* ditinjau dari aspek kecepatan dan suhu mesin produksi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan meliputi studi literatur, observasi dan eksperimen. Tahap pertama penelitian dilakukan studi literatur untuk mengkaji penelitian sebelumnya. Hasil observasi atau pengamatan lapangan kemudian dianalisa dan direpresentasikan dengan menggunakan *Algoritma Fuzzy Logic Mamdani*. Setelah berhasil membuat kecerdasan buatan menggunakan *Algoritma Fuzzy Logic Mamdani* kemudian dilakukan eksperimen dengan cara melakukan uji coba sistem untuk mengetahui apakah sistem berfungsi dengan baik dan menghasilkan hasil yang akurat.

A. Modulus Young

Elastisitas bahan adalah ukuran seberapa tahan suatu bahan (padatan) terhadap perubahan bentuk elastis atau deformasi yang disebabkan oleh akibat oleh gaya atau tegangan luar terhadapnya (Budi et al., 2020). Elastisitas erat kaitannya dengan modulus Young, karena penyebab suatu bahan bisa memiliki sifat mulur atau elastis adalah karena adanya angka modulus Young. Oleh karenanya modulus Young disebut juga modulus elastisitas.

Modulus Young atau modulus elastisitas merupakan tingkat kekakuan kelenturan yang menjadi karakteristik suatu bahan. Modulus Young diartikan sebagai kemiringan kurva tegangan dan regangan dibawah daerah deformasi elastik (Askeland & Phule, 2006).

Pada pengujian nilai tarik modulus Young (E) dilakukan secara pasif dengan menarik pembebananyang ada pada kedua ujung bahan dengan gaya tarik sebesar F (Newton) sehingga bahan mengalami pertambahan panjang sebesar Δl .

Hasil perbandingan perubahan panjang terhadap panjang awal disebut regangan. Secara matematis dinotasikan oleh persamaan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l-l_0}{l_0} \quad (1)$$

Dengan ε adalah regangan, Δl merupakan perubahan panjang (m), l_0 adalah panjang awal (m) serta l merupakan panjang akhir (m).

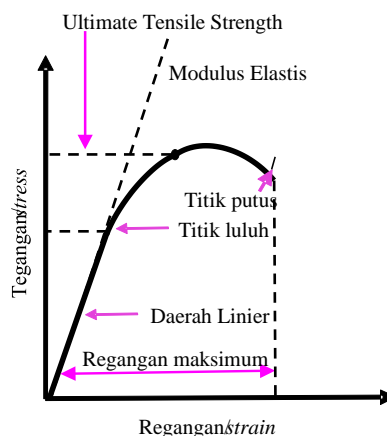
Tegangan (*stress*) adalah perbandingan antara gaya dengan luas penampang pada saat pemberian beban. Tegangan tarik maksimum (*tensile strength*) suatu bahan dapat ditentukan oleh hasil bagi gaya tarik maksimumnya dengan luas penampang awal. Secara matematis dinotasikan oleh persamaan:

$$\sigma = \frac{F_m}{A_0} \quad (2)$$

Dengan σ adalah tegangan tarik maksimum (Nm^{-2}), F_m gaya tarik maksimum (N) dan A_0 adalah luas penampang awal (m^2). Sedangkan untuk mendapatkan nilai modulus Young E diperoleh dari persamaan:

$$E = \frac{\varepsilon}{\sigma} \quad (3)$$

Dengan satuan modulus Young adalah Nm^{-2} . Dalam pembahasan yang lebih luas, hubungan antara gaya tarik dan perubahan panjang dapat dimodifikasi menjadi hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva tegangan-regangan bahan (Rahmayanti et al., 2019)

B. Algoritma Fuzzy Mamdani

Algoritma Fuzzy Logic adalah salah satu kecerdasan buatan dengan logika yang mempunyai kekaburan nilai kesamaan antara benar dan salah. Dalam teori logika fuzzy, sebuah nilai dapat secara bersamaan bernilai benar atau salah, akan tetapi tingkat

kebenaran dan kesalahan tersebut bergantung pada derajat keanggotaan yang dimilikinya (Wang, 1997). Sistem logika fuzzy yang sering digunakan adalah logika fuzzy metode Mamdani karena sistem dan operasinya yang sederhana, yaitu menggunakan *MIN-MAX*. Pada metode Mamdani untuk menghasilkan keluaran pada sistem fuzzy logic membutuhkan empat tahapan proses yaitu: fuzzifikasi, implikasi, komposisi aturan dan defuzzifikasi.

1. Fuzzifikasi

Pengubahan nilai input yang bersifat tegas ke dalam bentuk fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan dengan derajat keanggotaan yang berbeda.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Penyusunan basis aturan menggunakan sebat akibat untuk menunjukkan hubungan antara variabel masukan dengan variabel keluaran. Pada metode Mamdani biasanya digunakan operasi *MIN*.

3. Komposisi Aturan

Komposisi ini terdapat beberapa aturan sehingga inferensi didapat melalui gabungan antar aturan tersebut. Sistem inferensi fuzzy dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu: *Additive, Probabilistik OR, dan MAX*.

4. Defuzzifikasi

Dengan menggunakan fungsi keanggotaan yang tepat, hasil fuzzy dari tahap inferensi diubah kembali menjadi nilai tegas (*crisp*). Pada proses defuzzifikasi metode Mamdani, ada lima yaitu Bisektor area, Centroid area, Max terbesar, Max terkecil dan Rerata max.

C. MAPE

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) adalah ukuran kesalahan (*error*) yang didapat dengan menghitung kesalahan absolut untuk setiap periode (Hajar et al., 2020). Nilai eror diperoleh dengan cara pengurangan nilai aktual pengukuran & nilai ramalan. Dalam proses evaluasi nilai sebuah ramalan, perbandingan antara prediksi dengan kenyataan yang ada dilakukan untuk menentukan nilai kesalahan. (Wardani et al., 2017).

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\%}{n} \quad (4)$$

Dimana:

X_i = Nilai aktual periode- i

F_i = Nilai ramalan periode- i

n = Jumlah periode ramalan yang terjadi

Menurut Lewis (1982), skala untuk menilai akurasi peramalan dapat diinterprestasikan seperti Tabel 1.

Tabel 1. Evaluasi Nilai MAPE

Nilai MAPE	Interprestasi
< 10%	Berakurasi tinggi
10 % - 20%	Baik
20% - 50%	Kurang baik/Cukup
> 50%	Tidak akurat

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah langkah mengubah masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi fuzzy (*linguistic*) dengan tampilan himpunan fuzzy yang mempunyai derajat keanggotaan masing-masing (Eisuwarya et al., 2023). Pada sistem ini terdapat dua variabel *input* dan satu variabel *output*. Variabel *input* tersebut adalah kecepatan mesin dan suhu mesin dengan *output* modulus Young dari kain yang diproduksi. Berikut adalah semesta pembicaraan variabel fuzzy yang ditampilkan dalam Tabel.1.

Tabel 1. Semesta Pembicaraan

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan	Keterangan
Input	Kecepatan	[1700 - 2800]	Kecepatan mesin produksi
	Suhu	[37 - 43]	Suhu mesin produksi
Output	Modulus Young	[24000 - 31000]	Nilai sifat elastisitas dari kain hasil produksi

Pada tahap ini, nilai derajat keanggotaan himpunan kecepatan dan suhu didapatkan dengan analisa hasil pengamatan kemudian dirumuskan sebagai himpunan fuzzy. Data untuk mendefinisikan himpunan fuzzy pada setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Himpunan Fuzzy

Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Kecepatan	Lambat	[1700 - 2800]	[1700 - 2250]
		Sedang		[2000 - 2500]
		Cepat		[2250 - 2800]
	Suhu	Rendah	[37 - 43]	[37 - 41]
		Tinggi		[39 - 43]

Output	Mod. Young	Rendah	[24000 - 31000]	[24000 - 27000]
		Normal		[26000 - 29000]
		Tinggi		[28000 - 31000]

Perancangan implementasi dilakukan dengan bantuan *software* Matlab R2016b. Gambar 2-4 menampilkan pengaturan FIS pada *fuzzy logic*. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan Representasi Linear fungsi derajat keanggotaan.

a. Kecepatan

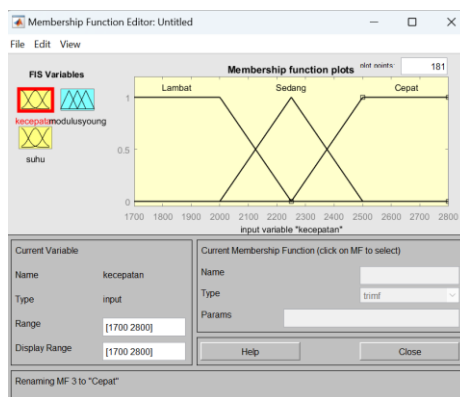
Melihat rentang nilai pada data tersebut, nilai rendah pada nilai kecepatan adalah 1700, sementara nilai tertinggi adalah 2800.

$$\mu \text{ [Lambat]} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 2000 \\ \frac{2250-x}{2250-2000} & ; 2000 \leq x \leq 2250 \\ 0 & ; x \geq 2250 \end{cases}$$

$$\mu \text{ [Medium]} = \begin{cases} \frac{x-2000}{2250-2000} & ; 2000 \leq x < 2250 \\ \frac{2500-x}{2500-2250} & ; 2250 \leq x < 2500 \\ 0 & ; x \leq 2000 \text{ atau } x \geq 2500 \end{cases}$$

$$\mu \text{ [Cepat]} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 2250 \\ \frac{x-2250}{2500-2250} & ; 2250 \leq x \leq 2500 \\ 1 & ; x \geq 2250 \end{cases}$$

Dari persamaan diatas, bentuk representasi fungsi derajat keanggotaan variabel kecepatan terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Derajat Keanggotaan Variabel Kecepatan

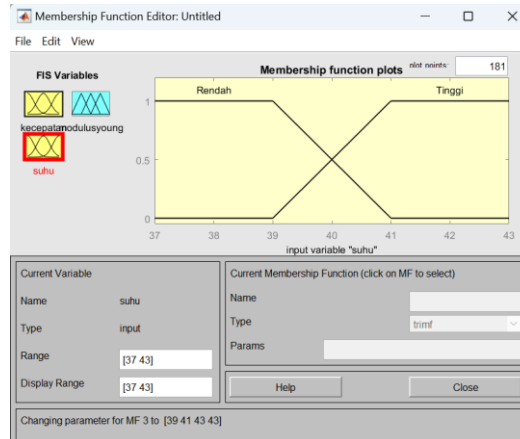
b. Suhu

Melihat rentang nilai pada data tersebut, nilai terendah semesta pembicaraan input suhu adalah 37, sementara nilai tertinggi adalah 43. Bentuk representasi fungsi derajat keanggotaan variabel suhu terlihat pada Gambar 3.

$$\mu [\text{Rendah}] = \begin{cases} 1; x \leq 39 \\ \frac{41-x}{41-39}; 39 \leq x \leq 41 \\ 0; x \geq 41 \end{cases}$$

$$\mu [\text{Tinggi}] = \begin{cases} 0; x \leq 39 \\ \frac{x-39}{41-39}; 39 \leq x \leq 41 \\ 1; x \geq 41 \end{cases}$$

Dari persamaan diatas, bentuk representasi fungsi derajat keanggotaan variabel kecepatan dapat terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Derajat Keanggotaan Variabel Suhu

c. Modulus Young

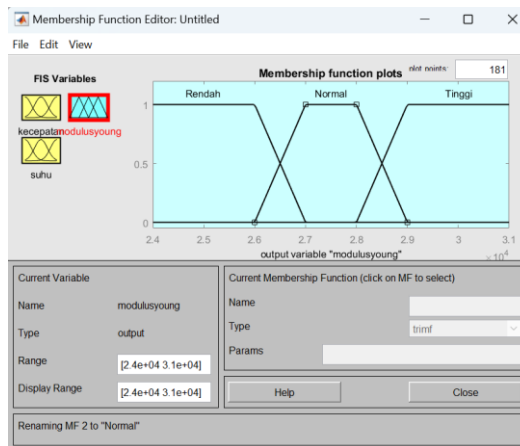
Melihat rentang nilai pada data tersebut, nilai terendah pada semesta pembicaraan modulus young adalah 24000, sementara nilai tertinggi adalah 31000.

$$\mu [\text{Rendah}] = \begin{cases} 1; x \leq 26000 \\ \frac{27000-x}{27000-26000}; 26000 \leq x \leq 27000 \\ 0; x \geq 27000 \end{cases}$$

$$\mu [\text{Normal}] = \begin{cases} 0; x \leq 26000 \text{ atau } x \geq 29000 \\ \frac{x-26000}{27000-26000}; 26000 \leq x \leq 27000 \\ 1; 27000 \leq x \leq 28000 \\ \frac{29000-x}{29000-28000}; 28000 \leq x \leq 29000 \\ 0; x \leq 28000 \end{cases}$$

$$\mu [\text{Tinggi}] = \begin{cases} \frac{29000-x}{29000-28000}; 28000 \leq x \leq 29000 \\ 0; x \geq 29000 \end{cases}$$

Rentang nilai pada setiap variabel menyatakan informasi yang relevan untuk menentukan nilai modulus Young. Dimana bentuk representasi dari derajat keanggotaannya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Derajat Keanggotaan Variabel Modulus Young

B. Implikasi

Dalam sistem fuzzy Mamdani, fungsi implikasi menggunakan metode *M/N*. Operasi himpunannya menggunakan irisan, yang fungsi keanggotaannya diberikan oleh:

$$\mu_{A \cap B} [x] = \min (\mu_A [x], \mu_B [x]) \quad (5)$$

Setelah pembentukan variabel pada himpunan fuzzy maka Langkah selanjutnya adalah pembentukan aturan fuzzy. Aturan ini menentukan pemrosesan masukan dan memetakan pada hasil output. Berdasarkan pengamatan fungsi input kecepatan yang mempunyai tiga indikator dan input suhu yang mempunyai dua indikator maka peneliti membuat enam aturan fuzzy yang akan digunakan dalam perhitungan fuzzy. Ketentuan aturan tersebut tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Aturan Fuzzy

Aturan	Kecepatan	Suhu	Modulus Young
1	Cepat	Tinggi	Normal
2	Sedang	Rendah	Normal
3	Lambat	Tinggi	Rendah
4	Cepat	Rendah	Tinggi
5	Sedang	Tinggi	Normal
6	Lambat	Rendah	Rendah

Penjelasan inferensi sistem susunan *rules* "IF Kecepatan AND Suhu THAN Modulus Young", adalah sebagai berikut.

[Rule1] "IF Kecepatan Cepat AND Suhu Tinggi THEN Modulus Young Normal"

[Rule2] "IF Kecepatan Sedang AND Suhu Rendah THEN Modulus Young Normal"

[Rule3] "IF Kecepatan Lambat AND Suhu Tinggi THEN Modulus Young Rendah"

[Rule4] "IF Kecepatan Cepat AND Suhu Rendah THEN Modulus Young Tinggi"

[Rule5] "IF Kecepatan Sedang AND Suhu Tinggi THEN Modulus Young Normal"

[Rule6] "IF Kecepatan Lambat AND Suhu Rendah THEN Modulus Young Rendah"

C. Komposisi Aturan Fuzzy

Pada sistem yang mempunyai beberapa aturan, melalui kombinasi aturan-aturan tersebut maka diperoleh inferensi setiap variabel. Solusi himpunan fuzzy menggunakan metode *MAX*, dimana nilai maksimum dari sebuah aturan diambil untuk mengubah daerah fuzzy. Kemudian hasil ini diterapkan pada keputusan akhir menggunakan operasi *OR (union)*. Setelah proses evaluasi asumsi, output akan berupa himpunan fuzzy yang mencerminkan keterlibatan setiap asumsi penalaran (Naba, 2009). Secara matematis dapat ditulis dengan rumus berikut.

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (6)$$

Dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy aturan ke_i, dan

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuensi fuzzy aturan ke_i.

D. Defuzzifikasi

Metode Defuzzifikasi yang digunakan adalah metode *Centroid area*. Pada metode ini solusi himpunan tegas (*crisp*) diperoleh dengan cara pengambilan titik pusat dari daerah keanggotaan fuzzy (Naba, 2009). Melakukan perhitungan momen (nilai integral setisap fungsi keanggotaan pada komposisi aturan), perhitungan daerah luasan, dan penentuan titik pusat. Secara umum dapat dituliskan sebagai berikut.

$$z^* = \frac{\int_z \mu(z)z dz}{\int_z \mu(z)dz} \quad (7)$$

Dengan:

z^* = defuzzifikasi *centroid area*

$\mu(z)$ = fungsi keanggotaan

$\int_z \mu(z)z dz$ = hasil momen keseluruhan dari komposisi aturan

E. Pengujian

Setelah melaksanakan penelitian, dilakukan pengujian hasil sistem fuzzy menggunakan *software* MATLAB R2016b untuk memperoleh hasil dari rancangan yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan di PT Honggang Textile Fujian, China. Tepatnya dibagian mesin produksi kain polos dan Lab RnD (*Research and Development*) sebagai pengujian nilai modulus Young. Aturan yang digunakan pada pengujian ini hanya sebatas pada *rule* yang mempunyai hasil *output* modulus Young "Normal" agar mendapatkan

hasil produk kain dengan kualitas baik. Tabel 4 merupakan hasil uji coba dan perbandingan nilai modulus Young menggunakan *Fuzzy Logic Mamdani* dengan nilai *real* modulus Young kain hasil produksi. Untuk mengetahui tingkat keakuratan prediksi logika fuzzy, penulis juga menyertakan hasil perhitungan MAPE sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Pengujian

No	Set Point Modulus Young	Input		Output Modulus Young	MAPE (%)	Akurasi (%)
		Kecepatan (rpm)	Suhu (°C)			
1.	26000	2080	38	24326	6,88	93,12
2.	26500	2140	39	25167	5,29	94,71
3.	27000	2200	41	26923	0,28	99,72
4.	27500	2300	41	27756	0,92	99,08
5.	28000	2500	40,6	29557	5,27	94,73
6.	28500	2500	40,1	27988	1,82	98,18
7.	29000	2500	39,7	29684	2,30	97,70
<i>Nilai Rata-Rata</i>					3,25	96,75

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan maka disimpulkan bahwa sistem kontrol modulus Young menggunakan *Fuzzy Logic Mamdani* dapat mengatur kecepatan dan suhu mesin produksi sesuai dengan set point modulus Young yang diinginkan. Sistem ini mampu memberikan hasil yang baik dengan nilai rata-rata MAPE sebesar 3,25% sehingga sistem ini bisa direkomendasikan untuk membantu proses produksi kain di perusahaan PT Honggang Textile.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisuwarya, R., Angriawan, F., Putri, R. E., Aziz M. A., & Fitria, W. (2023). *Fuzzy Logic Control Project*. Purbalingga: Eureka Media Aksara.
- Askeland, Donald R.; Phule, Pradeep P. (2006). *The Science and Engineering of Material (5th edition)*. Boston, USA: Cengage Learning.
- Budi, E., Budi, A. S., Fitri, U. R., Aprilia, R., Studi, P., Fisika, P., & Jakarta, U. N. (2020). Kajian Sifat Tetapan Pegas Dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: Sains Dan Aplikasi (JPMSA)*, 1(1), 1–6.

- Hajar, S., Badawi, M., Setiawan, Y. D., Noor, M., & Siregar, H. 2020. Prediksi Perhitungan Jumlah Produksi Tahu Mahanda dengan Teknik Fuzzy Sugeno. *Jurnal Sains Komputer & Informatika*. 4(1): 210–219
- Lewis, C. D. 1982. *Industrial And Business Forecasting Methods*. London: Butterworth
- Marbun, M., Sihotang, H. T., & Marbun, N. V. (2016). Perancangan Sistem Perencanaan Jumlah Produksi Roti dengan Metode Fuzzy Mamdani. *Jurnal Mantik Penusa*, 48.
- Naba, A. (2009). *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: ANDI.
- Rahmayanti, H. D., Rahmawati, R., Sustini, E., & Abdullah, M. (2019). Karakteristik Sifat Mekanik Benang Wol dan Benang Kasur. *Jurnal Fisika*, 9(1)
- Serra-Parareda, F.; Vilaseca, F.; Aguado, R.; Espinach, F.X.; Tarrés, Q.; Delgado-Aguilar, M. Effective Young's Modulus Estimation of Natural Fibers through Micromechanical Models: The Case of Henequen Fibers Reinforced-PP Composites. *Polymers* 2021, 13, 3947. <https://doi.org/10.3390/polym 13223947>
- Sivanandam S.N, Sumanti (2007), "Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB", Springer-verlag Heidelberg, Berlin.
- Suyanto, ST, MSc. (2008). *Soft Computing: Membangun Mesin Ber-IQ Tinggi*. Bandung: Informatika.
- Wang, X. Li. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall PTR.
- Wardani, A. R., Nasution, Y. N., & Amijaya, F. D. T. 2017. Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Mengoptimalkan Produksi Minyak Kelapa Sawit Di PT. Waru Kaltim Plantation Menggunakan Metode Mamdani. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*. 12(2): 94–10