

## Analisis keandalan sistem trafo *step down* menggunakan metode logika fuzzy

A. Emirwati<sup>1</sup>, Linda Sartika<sup>2</sup>, Abdul Muis Prasetya<sup>3</sup>

e-mail: [andiemirwati01@gmail.com](mailto:andiemirwati01@gmail.com), [lindasartika75@gmail.com](mailto:lindasartika75@gmail.com), [prasetya.electric@gmail.com](mailto:prasetya.electric@gmail.com)

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

### Informasi Artikel

#### Riwayat Artikel

Diterima 1 Agustus 2023

Direvisi 26 Oktober 2023

Diterbitkan 30 Oktober 2023

### Kata kunci:

Keandalan,  
Trafo *Step Down*,  
Logika Fuzzy.

### Keywords:

Realibility,  
Step down transformer  
Fuzzy logic

### ABSTRAK

Transformator *step down* adalah sebuah perangkat elektronik yang memiliki fungsi utama untuk menurunkan tegangan listrik ke level yang lebih rendah. Data yang digunakan dalam analisis ini berasal dari hasil pengukuran di PT. PLN Tarakan yang dilakukan selama beberapa bulan pada tahun 2021, diantaranya bulan Januari, Februari, Agustus, dan September. Data pengukuran ini kemudian diolah dengan menggunakan metode *fuzzy* untuk mencapai keseimbangan yang diinginkan. Menurut standar Std.446-1980, keseimbangan beban yang diharapkan berkisar antara 5 hingga 20%. Sebelum menerapkan metode *fuzzy Mamdani*, hasil analisis menunjukkan bahwa pada bulan Februari, transformator YDS 191 memiliki ketidakseimbangan arus beban tertinggi yaitu 46,1%, sedangkan transformator SLM 377 memiliki tingkat ketidakseimbangan terendah yaitu 20,7%. Namun, setelah menerapkan metode *Fuzzy Mamdani*, hasil analisis menunjukkan perbaikan yang signifikan. Ketidakseimbangan arus beban tertinggi yang tercatat adalah 17% pada transformator YDS 083 di bulan Agustus, sedangkan transformator SLM 241 di bulan Februari mencapai ketidakseimbangan sebesar 2,6%. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan logika *fuzzy Mamdani* efektif dalam mengurangi ketidakseimbangan arus beban. Hasil ini memberikan bukti yang kuat bahwa penggunaan metode *Fuzzy Logic* dengan FIS Mamdani mampu menurunkan ketidakseimbangan arus beban hingga di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh Standar PLN Nomor 1 Tahun 1995, yaitu sebesar 20%.

### ABSTRACT

*Step down transformer is an electronic device that has the main function to reduce the voltage to a lower level. The data used in this analysis comes from the measurement results at PT PLN Tarakan which were carried out for several months in 2021, including January, February, August and September. This measurement data is then processed using fuzzy methods to achieve the desired balance. According to the Std.446-1980 standard, the expected load balance ranges from 5 to 20%. Before applying the Mamdani fuzzy method, the analysis results showed that in February, transformer YDS 191 had the highest load current imbalance of 46.1%, while transformer SLM 377 had the lowest imbalance level of 20.7%. However, after applying the Fuzzy Mamdani method, the analysis results showed significant improvements. The highest load current unbalance recorded was 17% at transformer YDS 083 in August, while transformer SLM 241 in February achieved an unbalance of 2.6%. These results show that the application of Mamdani fuzzy logic is effective in reducing load current imbalance. These results provide strong evidence that the use of the Fuzzy Logic method with FIS Mamdani is able to reduce the load current imbalance to below the maximum limit set by PLN Standard Number 1 of 1995, which is 20%.*

### Penulis Korespondensi:

A. Emirwati,  
Jurusan Teknik Elektro,,  
Universitas Borneo Tarakan,  
Jl. Amal Lama No.1 Tarakan,  
Kalimantan Utara, Indonesia  
Email: [andiemirwati01@gmail.com](mailto:andiemirwati01@gmail.com)

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik sekarang ini terus meningkat seiring dengan meningkatnya taraf hidup masyarakat dan berkembangnya kemajuan teknologi [1]. Pada masa ini energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok bagi seluruh pelanggan/konsumen tenaga listrik. Dengan semakin pentingnya peranan tenaga listrik dalam kehidupan sehari-hari, sehingga untuk kelanjutan penyediaan tenaga listrik juga menjadi tuntutan yang semakin besar bagi pelanggan/konsumen tenaga listrik. Oleh karena itu, maka dituntut adanya suatu sistem tenaga listrik yang andal.[2] [3].

Kegiatan penyeimbangan beban transformator (trafo) distribusi merupakan kegiatan rutin yang dilakukan PLN (Perusahaan Listrik Negara) dalam seminggu setiap bulan. Hal ini hanya dilakukan apabila trafo *urgent* yang dimana sering terjadinya ketidakseimbangan beban antara fasa yang seiring dengan peningkatan jumlah pelanggan dan ini merupakan salah satu untuk tetap menjaga keandalan trafo [4]. Keadaan beban yang terus berubah sehingga menimbulkan ketidakseimbangan beban pada fasa R, S dan T maka dari itu diperlukan penyeimbangan beban secara berkala. Analisis ketidakseimbangan beban pada trafo perlu dilakukan agar dapat diketahui apa yang terjadi dengan ketidakseimbangan beban tersebut pada trafo, berapa besar rugi-rugi yang terjadi dan diharapkan agar dapat mengantisipasi supaya ketidakseimbangan beban tersebut bisa diminimalisir [5] [6].

Logika *fuzzy* merupakan teori yang mudah untuk dipahami karena di dalam logika *fuzzy* terdapat konsep matematis sederhana yang mendasari penalaran *fuzzy*. Keunggulan dari logika *fuzzy* ini adalah dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pengguna secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan, dapat memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks dan dapat bekerja dengan teknik-teknik kendali secara konvensional [7].

PT. PLN Tarakan merupakan salah satu penyedia tenaga listrik yang menyuplai dan mendistribusikan kebutuhan listrik untuk kota Tarakan dan sekitarnya. Di dalam proses kontinyuitas ketersediaan listrik ke pelanggan PLN menghadapi berbagai kendala, salah satunya adanya gangguan beban yang tidak seimbang pada setiap fasanya (fasa R, S, dan T), tenaga listrik dikatakan seimbang apabila memiliki beban yang sama setiap fasanya. Transformator merupakan salah satu perangkat listrik yang sangat berperan penting dalam pendistribusian energi listrik ke pelanggan [8].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah himpunan yang unsur-unsurnya mempunyai derajat keanggotaan atau kesesuaian dengan konsep yang merupakan syarat keanggotaan himpunan tersebut. Logika *fuzzy* digunakan sebagai suatu cara untuk memetakan permasalahan dari *input* menuju ke *output* yang diharapkan. Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Lutfi. A. Zadeh pada tahun 1965 [9] [10]. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Dalam teori himpunan dikenal fungsi karakteristik yaitu fungsi dari himpunan semesta X ke himpunan [0,1].

### 2.2 Fuzzy Mamdani

Metode Mamdani sering dikenal dengan metode *Max-Min*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 [11] [12]. Untuk mendapatkan *output*nya diperlukan tahapan sebagai berikut:

#### 1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pada metode *Fuzzy Mamdani*, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

#### 2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada metode *fuzzy Mamdani*, fungsi implikasi yang digunakan adalah *Min*.

#### 3. Komposisi Aturan

Metode Max (Maximum) merupakan solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union).

#### 4. Defuzzifikasi

Dapat dikatakan *defuzzification* merupakan langkah mengkonversi nilai *fuzzy* dari hasil komposisi aturan kedalam sebuah bilangan *crisp*.

### 2.3 Variabel Masukan dan Keluaran

Variabel masukan berupa arus beban trafo masing-masing pada fasa R, fasa S, dan fasa T. Sedangkan variabel masukan juga berupa arus beban trafo hasil proses *fuzzy mamdani* masing-masing pada fasa R, fasa S, dan fasa T. Tabel 1 dan Tabel 2 masing-masing menunjukkan batas himpunan *fuzzy Mamdani* masing-masing untuk variabel masukan dan keluaran.

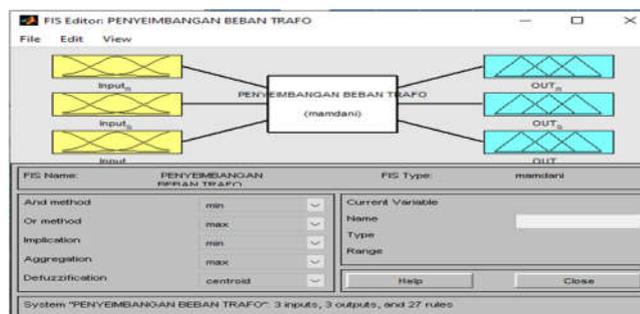
Tabel 1. Variabel Masukan Logika *Fuzzy* Matlab

No	Variabel Masukan	Fungsi Keanggotaan	Range	Range Total
1	Input R	Kurang beban	0 sd 127,5	0-300
		Normal beban	100 sd 200	
		Lebih beban	172,5 sd 300	
2	Input S	Kurang beban	0 sd 127,5	0-300
		Normal beban	100 sd 200	
		Lebih beban	172,5 sd 300	
3	Input T	Kurang beban	0 sd 127,5	0-300
		Normal beban	100 sd 200	
		Lebih beban	172,5 sd 300	

Tabel 2. Variabel Keluaran Logika *Fuzzy*

No	Variable Masukan	Fungsi Keanggotaan	Range	Range Total
1	OUT <sub>R</sub>	Pengurangan Beban	-150 sd -9	-150 – 150
		Penambahan Beban	-15 sd 15	
		Banyak Penambahan Beban	9 sd 150	
2	OUT <sub>S</sub>	Pengurangan Beban	-150 sd -9	-150 – 150
		Penambahan Beban	-15 sd 15	
		Banyak Penambahan Beban	9 sd 150	
3	OUT <sub>T</sub>	Pengurangan Beban	-150 sd -9	-150 – 150
		Penambahan Beban	-15 sd 15	
		Banyak Penambahan Beban	9 sd 150	

Tampilan fungsi keanggotaan ini digunakan untuk merancang fungsi keanggotaan *input* dan *output* pada metode *fuzzy*. Penggunaan memasukkan data untuk merancang fungsi keanggotaan yang diperlukan kemudian pilih fungsi yang akan digunakan yaitu segitiga untuk masing-masing *linguistic*. Setelah itu ditentukan titik-titik dari masing-masing keanggotaan yang dipilih. Hasil dari rancangan fungsi keanggotaan akan tampil pada kotak gambar. Pada tampilan ini penggunaan bisa menyimpan dan membuka hasil desain fungsi keanggotaan. Pada Gambar 1 menunjukkan model FIS dengan tiga masukan dan tiga keluaran arus beban.

Gambar 1. Model *Fuzzy* Inferensi Sistem

#### 2.4 Metode Menyeimbangkan Arus Beban Dengan Metode *Fuzzy* Mamdani

Proses *fuzzy* mamdani akan menghasilkan matriks perubahan arus beban yang dinyatakan berdasarkan Persamaan (1) [13] [14].

$$\Delta|Fuzzy\_Mamdani = \begin{bmatrix} \Delta|R \\ \Delta|S \\ \Delta|T \end{bmatrix} \quad (1)$$

Selanjutnya koreksi nilai kesalahan (*error*) harus dilakukan sehingga diperoleh nilai *average error* atau *error* rata-rata (*AE*) sesuai dengan persamaan (2) [13] [14].

$$AE = \frac{\sum \Delta|Fuzzy\_Mamdani}{3} \quad (2)$$

$$AE = \frac{(\Delta|R + \Delta|S + \Delta|T)}{3}$$

Nilai error rata-rata selanjutnya digunakan untuk menyusun matriks error, dengan mendistribusikan nilai *AE* secara merata diantara tiga fasa dan dinyatakan dalam Persamaan (3) [13] [14].

$$\Delta I_{Error} = \begin{bmatrix} AE \\ AE \\ \sum \Delta I_{Fuzzy\_Mamdani} - 2. AE \end{bmatrix} \tag{3}$$

Konfigurasi perubahan beban ( $\Delta I$ ), diperoleh dengan mengurangi nilai matriks error ( $\Delta I_{Error}$ ) dari nilai matriks fuzzy output yang tidak dikoreksi ( $\Delta I_{Fuzzy\_Mamdani}$ ) dan dinyatakan Persamaan (4) [13] [14].

$$\Delta I = \Delta I_{Fuzzy\_Mamdani} - \Delta I_{Error} \tag{4}$$

Nilai penjumlahan total perubahan beban  $\Delta I$  dinyatakan dalam Persamaan (5) [13] [14].

$$\sum \Delta I = 0 \tag{5}$$

Akhirnya nilai arus pada masing-masing fasa setelah diseimbangkan dinyatakan berdasarkan Persamaan (6) [13] [14].

$$I_{Final} = I_{Input} + \Delta I \tag{6}$$

Setelah nilai arus fasa diperoleh, selanjutnya analisis ketidakseimbangan arus beban ditentukan melalui nilai arus rata-rata berdasarkan Persamaan (7) [14] [15].

$$I_{Rata - rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \tag{7}$$

Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang sama dengan besarnya arus rata-rata, maka koefisien a, b, dan c diperoleh dengan Persamaan (8) [14] [15].

$$a = \frac{I_R}{I} \quad ; \quad b = \frac{I_S}{I} \quad ; \quad c = \frac{I_T}{I} \tag{8}$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b, dan c adalah 1. Dengan demikian nilai rata-rata ketidakseimbangan arus beban (dalam %),akhirnya diperoleh dan dinyatakan dalam Persamaan (9) [14] [15].

$$I_{rata - rata} \text{ ketidakseimbangan } (\%) = \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100 \tag{9}$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyeimbangan beban pada dasarnya adalah memberikan beban pada transformator tersebut sesuai dengan kapasitasnya, sehingga yang dialiri beban dapat seimbang. Trafo distribusi yang akan disimulasikan untuk penyeimbangan beban antar fasa memiliki kapasitas 200 kVA, standar IEC 76/SPLN-50 dengan merk Sintra.

#### 3.1 Data Beban Transformator

Adapun data-data arus beban trafo yang digunakan sebagai *input*, antara lain:

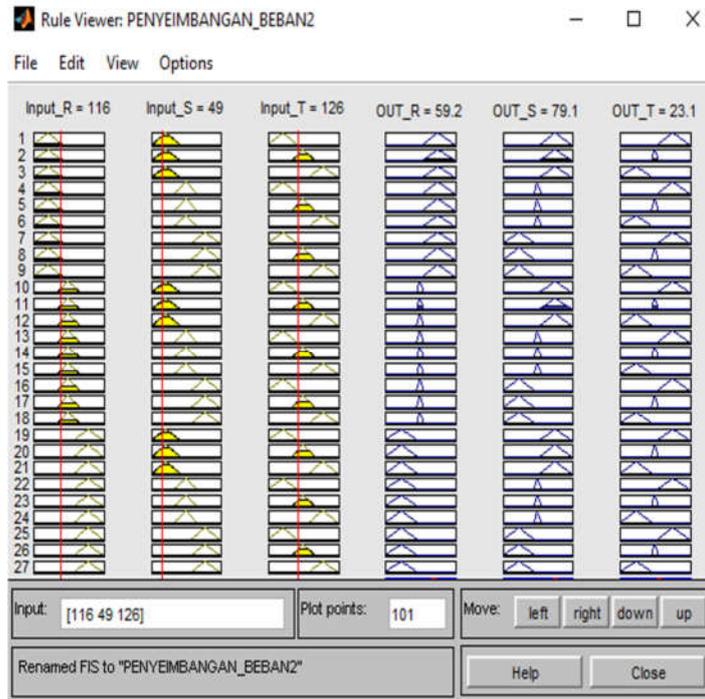
Tabel 3. Data arus beban masukkan pada logika *fuzzy*

No	Tahun	R (A)	S (A)	T (A)	Ketidakseimbangan Beban%
1	KSB 104 Januari	160	77	182	29,9
2	YDS 026 Januari	125	82	63	25,9
3	SLM 241 Februari	105	112	170	21,1
4	SLM 377 Februari	144	212	129	20,7
5	YDS 191 Februari	295	116	112	46,1
6	MWM 015 Februari	154	85	137	21,4
7	YDS 083 Agustus	116	49	126	32,9
8	SLM 241 September	44	75	143	42,2

Berdasarkan data beban trafo pada Tabel 3 digunakan sebagai *input fuzzy*, yang dimana nilai ketidakseimbangan beban tertinggi yaitu 46,1% terdapat pada trafo YDS 191 pada bulan februari dengan fasa R = 295 A, fasa S = 116 A dan fasa T = 112 A. Sedangkan nilai ketidakseimbangan terendah terdapat pada trafo SLM 377 pada bulan februari dengan fasa R = 144 A, fasa S = 212 A, dan fasa T = 129 A dengan nilai ketidakseimbangan 20,7%.

### 3.3 Penentuan Variabel Keluaran dengan Metode Fuzzy Mamdani

Gambar 2 menunjukkan penentuan perubahan arus beban keluaran pada fasa R, fasa S, dan fasa T pada Trafo feeder 2.



Gambar 2. Perubahan Arus Beban Keluaran Pada Fasa R, S, dan T

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pada arus beban trafo YDS 083 tahun 2021 dengan variabel masukan masukan fasa R, fasa S, dan fasa T masing masing sebesar 116 A, 49 A, dan 126 A, aturan fuzzy pada FIS Mamdani mampu menghasilkan output fuzzy pada masing-masing phasa sebesar -59,2 Δ, 79,1, dan 23,1. Selanjutnya, dengan menggunakan metode yang sama, maka perubahan arus beban keluaran masing-masing fasa pada lima data trafo lainnya ditentukan dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perubahan arus beban keluaran

No	Tahun	Arus Beban Masukan (A)			Perubahan Arus Beban Ouput Fuzzy		
		Input R (A)	Input S (A)	Input T (A)	Output R (Δ)	Output S (Δ)	Output T (Δ)
1	KSB 104 Januari	160	77	182	-0,132	79	-55,6
2	YDS 026 Januari	125	82	63	25,9	78,9	78,9
3	SLM 241 Februari	105	112	170	79,2	65,7	-0,184
4	SLM 377 Februari	144	212	129	-0,273	-79,5	-0,273
5	YDS 191 Februari	295	116	112	-79,5	66,8	66,8
6	MWM 015 Februari	154	85	137	-0,35	78,7	-0,35
7	YDS 083 Agustus	116	49	126	59,2	79,1	23,1
8	SLM 241 September	44	75	143	78,7	78,7	-0,345

### 3.4 Penyeimbangan Arus Beban Keluaran dengan Metode Fuzzy Mamdani

Dengan menggunakan Persamaan (1), selanjutnya diperoleh matriks perubahan arus beban keluaran pada trafo SBK 045 tahun 2021 yaitu sebagai berikut:

$$\Delta|Fuzzy\_Mamdani = \begin{bmatrix} \Delta|R \\ \Delta|S \\ \Delta|T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 59,2 \\ 79,1 \\ 23,1 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2), maka diperoleh nilai error (AE) sebagai berikut:

$$AE = \frac{(\Delta|R + \Delta|S + \Delta|T)}{3} = \frac{((59,2) + (79,1) + (23,1))}{3} = 53,8$$

Berdasarkan nilai *AE* yang diperoleh, maka nilai matriks error selanjutnya dinyatakan dalam persamaan (3).

$$\Delta|Error = \begin{bmatrix} AE \\ AE \\ \sum \Delta|Fuzzy\_Mamdani - 2.AE \end{bmatrix}$$

$$\Delta|Error = \begin{bmatrix} 53,8 \\ 53,8 \\ -161,4 - 2.(53,8) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 53,8 \\ 53,8 \\ 53,8 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan nilai matriks error ( $\Delta|Error$ ) dan nilai matriks *fuzzy* keluaran tidak dikoreksi ( $\Delta|Fuzzy\_Mamdani$ ), maka diperoleh nilai konfigurasi perubahan beban ( $\Delta|$ ) sesuai persamaan (4).

$$\Delta| = \Delta|Fuzzy\_Mamdani = -\Delta|Error$$

$$\Delta| = \begin{bmatrix} \Delta|R \\ \Delta|S \\ \Delta|T \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} AE \\ AE \\ \sum \Delta|Fuzzy\_Mamdani - 2.AE \end{bmatrix}$$

$$\Delta| = \begin{bmatrix} 59,2 \\ 79,1 \\ 23,1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 53,8 \\ 53,8 \\ 53,8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,4 \\ 25,3 \\ -30,7 \end{bmatrix}$$

Akhirnya diperoleh nilai arus keluaran beban pada masing-masing fasa setelah diseimbangkan sesuai persamaan (6).

$$I_{Final} = I_{Input} + \Delta I$$

$$I_{Final} = \begin{bmatrix} 116 \\ 49 \\ 126 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 5,4 \\ 25,3 \\ -30,7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 121,4 \\ 74,3 \\ 95,3 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 121 \\ 74 \\ 96 \end{bmatrix} A$$

Dengan demikian maka nilai arus beban pada fasa R, fasa S, dan fasa T pada trafo YDS 083 tahun 2021, sebelum menggunakan metode *logika fuzzy* nilai arus beban pada fasa R 116 A, fasa S 49 A, dan fasa T 126 A. Setelah diseimbangkan menggunakan metode *fuzzy mamdani*, masing-masing adalah menghasilkan fasa R 121 A, S 74 A, dan T 96 A. Dengan menggunakan metode dan prosedur yang sama, maka nilai arus beban masing-masing fasa pada lima trafo lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Arus Beban Sebelum Dan Setelah Fasa Diseimbangkan

No	Tahun (semester)	Sebelum			Sesudah		
		R (A)	S (A)	T (A)	R (A)	S (A)	T (A)
1	KSB 104 Januari	160	77	182	152,1	148,2	118,6
2	YDS 026 Januari	125	82	63	89,6	99,6	80,6
3	SLM 241 Februari	105	112	170	131,7	131,5	123,6
4	SLM 377 Februari	144	212	129	170,7	159	155,2
5	YDS 191 Februari	295	116	112	197,4	164,7	160,7
6	MWM 015 Februari	154	85	137	127,6	137,7	110,6
7	YDS 083 Agustus	116	49	126	121,4	74,3	95,3
8	SLM 241 September	44	75	143	70,3	101,3	90,3

### 3.5 Ketidakseimbangan beban arus beban menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*

Pada trafo SBK 045, dengan menggunakan persamaan (7). Maka diperoleh nilai arus rata-rata sebagai berikut:

$$IR = 121 \quad ; IS = 74 \quad ; IT = 95$$

$$I_{rata-rata} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{121+74+95}{3} = 97 A$$

Koefisien a, b, dan c, selanjutnya diperoleh menggunakan Persamaan (8) sebagai berikut:

$$a = \frac{I_R}{I} = \frac{121}{97} = 1,25 \quad ; \quad b = \frac{I_S}{I} = \frac{74}{97} = 0,76 \quad ; \quad c = \frac{I_T}{I} = \frac{95}{97} = 0,98$$

Akhirnya nilai rata-rata ketidakseimbangan arus beban diperoleh menggunakan Persamaan (9) sebagai berikut:

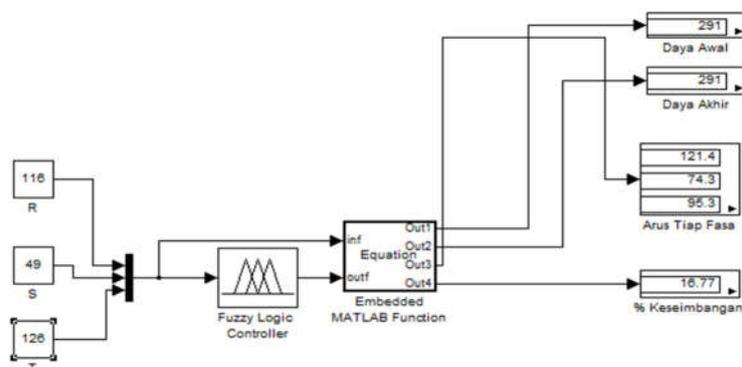
$$I_{rata-rata} \text{ ketidakseimbangan } (\%) = \frac{\{1,25-1\} + \{0,76-1\} + \{0,98-1\}}{3} \times 100\% = 16\%$$

Tabel 6. Nilai Ketidakseimbangan Arus Beban

No	Trafo	Ketidakseimbangan Arus Beban	
		Sebelum <i>Fuzzy Mamdani</i> (%)	Sesudah <i>Fuzzy Mamdani</i> (%)
1	KSB 104 Januari	29,9	10,2
2	YDS 026 Januari	25,9	7,1
3	SLM 241 Februari	21,1	2,6
4	SLM 377 Februari	20,7	3,8
5	YDS 191 Februari	46,1	8,9
6	MWM 015 Februari	21,4	7,8
7	YDS 083 Agustus	32,9	17
8	SLM 241 September	42,4	13

Pada Tabel 6 menunjukkan perbandingan nilai rata-rata ketidakseimbangan arus beban pada delapan data trafo sebelum dan sesudah menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*. Maka nilai rata-rata ketidakseimbangan arus beban pada trafo KSB 104 pada bulan januari dengan menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* adalah 10,2%. Dengan menggunakan metode dan prosedur yang sama, nilai rata-rata ketidakseimbangan arus beban pada tujuh data trafo lainnya. Sedangkan sebelum menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* menghasilkan nilai ketidakseimbangan arus beban sebesar 29,9%.

### 3.7 Diagram Blok *Controller Logika Fuzzy*

Gambar 3. Diagram Blok *Controller Logika Fuzzy*

Dapat dilihat pada Gambar 3 terdapat beban arus masuk pada fasa R = 116 A, S= 49 A, T=126 A pada trafo YDS 083 bulan agustus sesuai dengan tabel 4.1 yang dimana dengan menggunakan *fuzzy logic controller* mampu menghasilkan total arus awal yaitu 291 A. Sedangkan total arus akhir menghasilkan nilai yang arus sama yaitu 291 A sehingga dapat diartikan bahwa arus yang dihasilkan telah seimbang. Adapun arus beban yang dihasilkan pada setiap phasanya yaitu fasa R = 121, S = 74 A, T = 95 A sesuai dengan Tabel 5 dengan menghasilkan nilai ketidakseimbangan yaitu 16,77% yang nilainya sudah sesuai dengan Tabel 6. Berdasarkan penelitian ini dengan menggunakan metode logika *fuzzy* dengan variabel masukan berjumlah 3 masing-masing arus beban pada fasa R, fasa S, dan fasa T. Sedangkan variabel keluaran berjumlah 3 masing-masing perubahan arus beban pada fasa R, fasa S, dan fasa T. Dengan aturan fuzzy berjumlah 27 rules, implementasi metode ini mampu menghasilkan nilai ketidakseimbangan arus beban terkecil sebesar 2,6 %.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut, Sebelum menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*, trafo menghasilkan nilai ketidakseimbangan arus beban paling tinggi sebesar 46,1%. Trafo SLM 377 bulan february menghasilkan nilai ketidakseimbangan arus beban paling rendah yaitu 20,7%. Sedangkan setelah menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* menghasilkan nilai ketidakseimbangan arus beban paling tinggi sebesar 17% pada trafo YDS 083 pada bulan agustus dan pada trafo SLM 241 pada bulan february menghasilkan nilai ketidakseimbangan arus beban paling rendah yaitu 2,6%.

Setelah menggunakan metode logika *fuzzy* nilai ketidakseimbangan beban menjadi lebih baik yang berarti keandalan dapat dilihat dari persentase ketidakseimbangan yang dihasilkan dari logika *fuzzy* yang jauh lebih baik sebelum menggunakan metode logika *fuzzy* dikarenakan semakin besar beban dan kapasitas trafo distribusi yang melayani beban akan sangat berpengaruh pada trafo *step down*. Hasil ini menunjukkan bahwa Metode Logika *Fuzzy* dengan FIS *Mamdani* mampu menurunkan nilai arus beban tidak seimbang di bawah Standar PLN Nomor 1 Tahun 1995 maksimal sebesar 20%.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ellabban, Omar; Abu-rub, Haitham; Blaabjerg, Frede. Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2014, 39: 748-764.
- [2] Silitonga, Chrisman Ariando. *Perlindungan Hukum Terhadap Penyedia Dan Pemakai Tenaga Listrik Ditinjau Berdasarkan Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 Tentang Ketenagalistrikan*. Diss. Universitas Islam Riau, 2022.
- [3] Permata, Endi; Lestari, Intan. Maintenance Preventive Pada Transformator Step-Down Av05 Dengan Kapasitas 150kv Di Pt. Krakatau Daya Listrik. In: *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP*. 2020. p. 485-493.
- [4] Uskita, Alif Aldila Asa. *Inspeksi Dan Preventive Maintenance Gardu Distribusi (Beton) PT. PLN Batam*. (2022).
- [5] Suryawan, I. Putu Weda, Anak Agung Ngurah Amrita, and Widyadi Setiawan. "Analisis Penyeimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Menggunakan Metode Fuzzy." *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro* 17.1. 2018.
- [6] I. Z. Aini, E. Mutari, L. Liliana, O. Candra, Analysis of Imbalance Loads and Losses Based on The Largest Loading by 3 Units of 3 Phase Distribution Transformer. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*. 2021.
- [7] Zain, Zabur. *Fuzzy Inferensi dalam Seleksi Kayu Mentah untuk Perabot Menggunakan Metode Mamdani*. Diss. Prodi Teknik Informatika, 2021.
- [8] S. P. Firdaus and D. Fauziah, Penyeimbangan Beban Gardu Distribusi Pt. Pln Tarakan (Kalimantan), *Pros. Semin. Nas. Energi, Telekomun. dan Otomasi*, pp. 317–322, 2021.
- [9] Surbakti, Ria Rahmadita, and Marlina S. Sinaga. *Penerapan Fuzzy Tsukamoto dalam Menentukan Jumlah Produksi Berdasarkan Data Persediaan dan Jumlah Permintaan*. 2017.
- [10] Ross, Timothy J. *Fuzzy logic with engineering applications*. John Wiley & Sons, 2009.
- [11] Vinsensia, Desi, and Yulia Utami. F, FUZZY Penerapan Fuzzy Inference System (FIS) Metode Mamdani dalam Pemilihan Jurusan Perguruan Tinggi:(Studi Kasus: Pelita Nusantara Medan). *Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika*. 2018.
- [12] Didier Dubois, Henri Prade. The legacy of 50 years of fuzzy sets: A discussion. *Fuzzy Sets and Systems*, 2015, 281, pp.21-31.
- [13] Siti, M. W.; Jimoh, A. A.; Nicolae, Dan-Valentin. Phase load balancing in the secondary distribution network using fuzzy logic. In: *AFRICON 2007. IEEE, 2007*. p. 1-7.
- [14] Djagolado, Martinus W.; Amirullah; Saidah. Pengembangan Nominal Aturan Fuzzy pada Metode Fuzzy Mamdani untuk Menyeimbangkan Beban Tiga Phasa pada Saluran Distribusi Tegangan Menengah. *Rekayasa*, 2021, 14.3: 431-442.
- [15] Sudiartha, I. Wayan, et al. Manajemen Trafo Distribusi 20Kv Antar Gardu B1031 Dan B1033 Penyulang Liligundi Dengan Menggunakan Simulasi Program Etap. *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, 2017, 16.3: 166.