

Pemodelan Estimasi Lokasi Gangguan pada Sistem Transmisi Adaptasi Metode ANFIS

Azriyenni Azhari Zakri, Feranita Abdul Jalil, dan Iswadi Hasyim Rosma
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293, Riau
e-mail: azriyenni@eng.unri.ac.id

Abstrak—Sistem daya listrik terdiri dari pembangkitan, sistem transmisi, jaringan distribusi dan konsumen. Pada sistem transmisi jenis gangguan dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa, dua fasa ke tanah dan tiga fasa. Data gangguan akan dijalankan menggunakan teknik cerdas dengan fasilitas *toolbox* yang tersedia pada *software* Matlab. Artikel ini bertujuan menentukan estimasi lokasi gangguan di sistem transmisi 150 kV. Oleh karena itu, satu metode teknik cerdas diusulkan yang dimodelkan berdasarkan komputasi. Teknik cerdas yang akan digunakan ini adalah *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Pelatihan ANFIS ini akan dijalankan pada proses pelatihan untuk memecahkan permasalahan estimasi lokasi gangguan di sistem transmisi daya listrik. Hasil keluaran yang diharapkan memberikan koreksi eror yang kecil dan akan lebih mendekati nilai yang baik. Dan akhirnya, dengan metode ANFIS ini diharapkan dapat estimasi lokasi gangguan secara tepat dan benar.

Kata kunci: *estimasi, kesalahan, gangguan, teknik cerdas, transmisi*

Abstract—The electrical power system consists of generation, transmission systems, distribution networks and consumers. In the type of transmission system faults can be divided into several types of one-phase to ground fault, two phases fault, two phases to ground fault and three phases fault. Data of faults will be run using intelligent techniques with toolbox facilities available on Matlab software. This article aims to determine estimation fault location in the 150 kV transmission systems. Therefore, the intelligent techniques would be proposed which is modeled base on computation. The Intelligent technique be used is Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). The ANFIS training will be ran in the training process to solve the problem of the fault location estimation in the power transmission system. The expected output of results to provide a small error correction and will be a good value. Finally, ANFIS method is expected to estimate the fault location accurately and correctly.

Keywords: *estimate, error, fault, intelligent techniques, transmission*

Copyright © 2017 SNETE. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Diagnosis gangguan bertujuan untuk estimasi gangguan yang terjadi di sistem tenaga listrik dengan menggunakan menggunakan metode hibrid cerdas yaitu ANFIS. Untuk mengurangi masa gangguan dan memastikan berlanjutan dan kesinambungan bekal listrik di sistem daya listrik, maka amat penting kiranya mengenal jenis gangguan sebelum sebelum memulakan operasi pemulihan [1]. Oleh sebab itu, sistem diagnosis gangguan pintar diperlukan untuk alternatif untuk mencadangkan cara minimum pemulihan gangguan dalam melindungi sistem dengan cara yang terbaik.

ANFIS yaitu sistem inferen adaptif *neuro fuzzy* yang berdasarkan kepada NN buatan berdasarkan model Takagi-Sugeno (TS). Metode ini telah dikembangkan pada awal 1990. Suatu pendekatan yang akan dirancang untuk metode hibrid cerdas ini adalah metode *Fuzzy Logic* (FL) dan *Neural Networks* (NN). Gabungan dari kedua

metode hibrid cerdas ini dikenali sebagai metode ANFIS. Ada beberapa kategori metode ANFIS yaitu berdasarkan kepada masukan pembelajaran, jaringan neural, fuzifikasi, defuzifikasi [2-4]. Metode FL menggunakan peraturan *If-Then* dengan mempunyai latihan masukan dan keluaran untuk data yang sama dengan metode *Back Propagation* (BP) jaringan neural. Peraturan *If-Then* pada nilai sebenarnya boleh dilatih dengan perkhidmatan operator minimum untuk menghitung kesesuaian peraturan *If-Then* [5]. Penelitian ini akan membahas beberapa kajian dengan metode hibrid cerdas yang berkaitan dengan diagnosis gangguan di sistem daya listrik.

Fang, Wang *et al.* [6] mengusulkan satu teknik untuk deteksi gangguan kepada pemodelan sistem pakar menggunakan metode NN. Metode NN boleh menyesuaikan diri dengan informasi statistik yang tidak linear berdasarkan pemetaan yang berbeda. Metode NN menyediakan peringkat toleransi gangguan dibandingkan deteksi gangguan kompetitif karena banyak nod untuk

pemrosesan. Setiap sambungan nod dengan beberapa kaitan menunjukkan prestasi kerja jaringan neural. NN mempunyai keupayaan untuk pembelajaran dan menyimpan informasi gangguan dan upaya untuk diagnosis gangguan yang berlaku dalam sistem daya listrik.

Kaliwoda *et al.* [7] telah pula mengusulkan konsep beberapa metode peraturan FL untuk setiap jenis gangguan. Pendekatan ini mudah untuk menyesuaikan diri pada pengetahuan pakar, misalnya: topologi saluran penghantaran dapat mendeteksi titik netral. Algoritma ini dapat mendeteksi gangguan berdasarkan kepada metode FL. Metode FL perlu dibentuk untuk mengenal pasti jenis gangguan dan memberi bekalan informasi yang dilanjutkan kepada pusat kontrol.

Dalam artikel ini akan menyajikan penelitian tentang menentukan estimasi gangguan di saluran transmisi ganda 150 kV. Metode yang akan digunakan adalah teknik hibrid cerdas yaitu Metode ANFIS. Metode ini diharapkan mampu beradaptasi dalam menentukan estimasi lokasi gangguan di saluran transmisi.

II. STUDI PUSTAKA

Jenis-jenis gangguan pada sistem daya listrik adalah terdiri dari gangguan satu fasa ke tanah (FT), dua fasa (FF), dua fasa ke tanah (FFT) dan tiga fasa (FFF). Berdasarkan pengalaman di lapangan diamati bahwa 70% sampai 80% dari gangguan di saluran transmisi adalah gangguan satu fasa ke bumi. Sedangkan untuk gangguan dua fasa ke bumi dan dua fasa terjadi gangguan dalam rata-rata 15%. Selain dari pada itu, sebanyak 5% adalah gangguan tiga fasa (gangguan simetri) [8].

Setiap gangguan dalam suatu sistem daya listrik yang disebabkan aliran arus terganggu dinamakan gangguan. Menurut Stevenson, 1983, gangguan hubung singkat adalah gangguan yang terjadi akibat hubungan penghantar yang bertegangan atau tidak bertegangan secara langsung sehingga mengakibatkan terjadinya aliran arus yang sangat besar (abnormal). Gangguan hubung singkat dapat berupa gangguan hubung singkat simetris dan tidak simetris. Berikut akan dipaparkan jenis-jenis gangguan hubung singkat tiga fasa yaitu [9]:

A. Gangguan Hubung Singkat Tidak Simetris

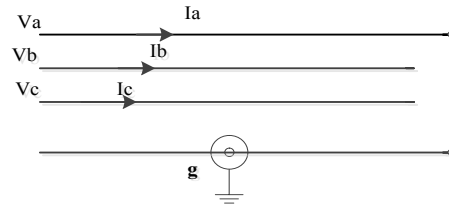
Gangguan hubung singkat tidak simetris terdiri dari:

1. Gangguan Hubung Singkat FT

Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah adalah gangguan hubung singkat yang terjadi akibat salah satu fasa dari sistem mengalirkan arus ke tanah [9]. Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dapat didefinisikan pada Persamaan (1) - (3) sebagai berikut:

$$V_a = Z_f \cdot I_a \quad (1)$$

$$I_a = I_c = 0 \quad (2)$$



Gambar 1. Rangkaian gangguan FT

$$I_f = I_a = 3I_{a0} = \frac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f} \quad (3)$$

2. Gangguan Hubung Singkat FFT

Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah adalah gangguan hubung singkat yang terjadi akibat dua fasa dari sistem mengalirkan arus ke tanah [9]. Arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah dapat didefinisikan sebagai Persamaan (4)-(6) adalah:

$$V_b = V_c = Z_f (I_b + I_c) \quad (4)$$

$$I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2} = 0 \quad (5)$$

$$I_f = I_b + I_c = 3I_{a0} \quad (6)$$

3. Gangguan Hubung Singkat FF

Gangguan hubung singkat dua fasa adalah gangguan hubung singkat yang terjadi akibat dua fasa dari sistem mengalami hubungan langsung atau menyatu satu sama lain [9]. Arus gangguan hubung singkat antar fasa dapat didefinisikan sebagai Persamaan (7)-(10) adalah:

$$V_b - V_c = Z_f I_b \quad (7)$$

$$I_b + I_c = 0 \quad (8)$$

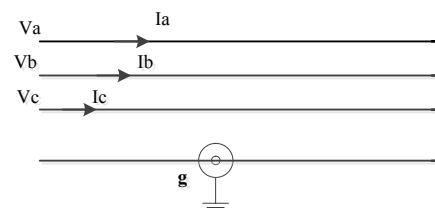
$$I_c = 0 \quad (9)$$

$$I_f = I_b = -I_c = (a^2 - a)I_{a1} = -j\sqrt{3}I_{a1} \quad (10)$$

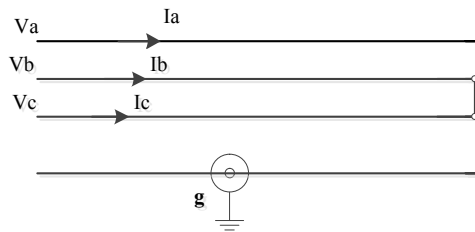
B. Gangguan Hubung Singkat Simetris

Gangguan hubung singkat tiga fasa adalah gangguan hubung singkat yang terjadi akibat tiga fasa dari sistem mengalami hubungan langsung atau menyatu satu sama lain [9].

Arus gangguan hubung singkat gangguan tiga fasa



Gambar 2. Rangkaian gangguan FFF



Gambar 3. Rangkaian gangguan FF

dapat didefinisikan sebagai Persamaan (11)-(12) sebagai berikut:

$$I_a + I_b + I_c = 0 \tag{11}$$

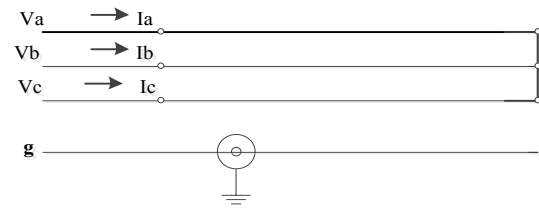
$$V_a = V_b = V_c \tag{12}$$

III. METODE

ANFIS yaitu sistem inferen adaptif neuro Fuzzy yang berdasarkan kepada NN buatan beradaskan model TS. Metode ini telah dikembangkan pada awal 1990. Metode ANFIS menggabungkan dua metode yaitu metode NN dan metode FL, yang mempunyai manfaat dalam satu rangka kerja tunggal [10, 11]. Teknik pembelajaran ANFIS menyediakan metode untuk model FL yang mempelajari informasi mengenai set data. Metode ANFIS adalah satu contoh teknik pembelajaran di mana parameter fungsi keanggotaan yang disejajarkan dengan algoritma BP [12].

ANFIS Model TS menggunakan algoritma pembelajaran hibrid untuk mengenal parameter TS jenis sistem inferen Fuzzy. Ianya adalah gabungan dua metode dengan kecerunan pembiakan untuk latihan parameter fungsi keanggotaan tertentu dengan data set latihan. ANFIS juga berfungsi sebagai metode pembelajaran neural untuk mengenal pasti parameter dan struktur sistem inferens Fuzzy [13].

Model sistem inferen adaptif neuro Fuzzy untuk melakukan klasifikasi arus menggunakan metode *Wavelet*. Metode ANFIS menggabungkan keupayaan penyesuaian



Gambar 4. Rangkaian gangguan FFF

jaringan neural dan pendekatan FL yang dilaksanakan secara kualitatif [14]. Kajian ini akan memperkenalkan model ANFIS yang mempunyai kelebihan yang lebih besar dalam Penalaran Fuzzy (PF).

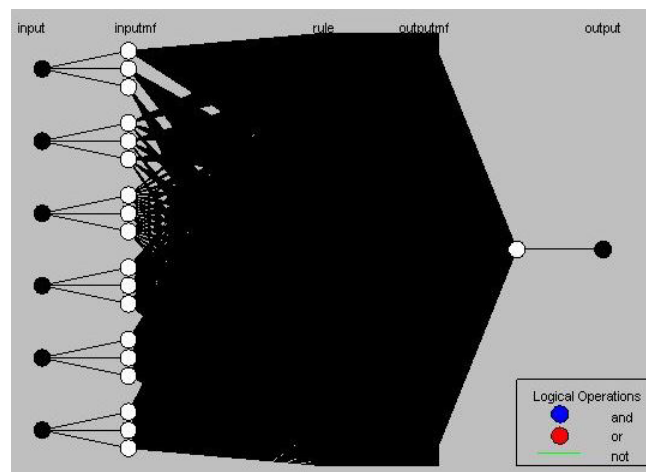
Gambar 2 menunjukkan model ANFIS yang kedua iaitu inferen Fuzzy sebagai keluaran. Metode FL menggunakan pengetahuan pakar dengan menggunakan label linguistik. Ia dapat mengambil banyak waktu untuk rancang bentuk fungsi keanggotaan untuk menentukan label linguistik. Sistem Fuzzy dapat didedahkan berdasarkan peraturan Fuzzy dan dengan prestasi kerja yang disesuaikan dengan peraturan FL

Rangka kerja model ANFIS yang lebih sistematik dan kurang bergantung kepada pengetahuan pakar. Merancang struktur ANFIS dengan dua metode Fuzzy dengan peraturan *If-Then* berdasarkan model TS.

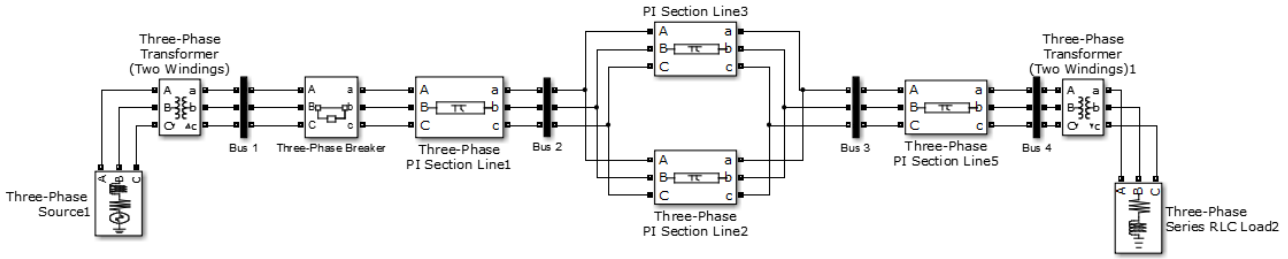
Struktur ANFIS ini bertujuan untuk menyediakan fungsi yang tidak diketahui dengan data latihan untuk menghitung keputusan mendapatkan nilai parameter. Berbeda dengan biasanya, metode ANFIS mempunyai algoritma hibrid yaitu penurunan kelinearan.

Gambar 5 memberikan gambaran bahwa struktur ANFIS dengan jumlah nod menunjukkan penyesuaian nod tetap sistem inferen fuzzy yang mempunyai dua masukan, x dan y dan satu keluaran z .

Metode ANFIS adalah satu metode yang mempunyai banyak lapisan untuk update jaringan. Ia menggunakan algoritma pembelajaran NN yang diwakili oleh lapisan masukan dan keluaran. Nilai sistem Fuzzy dengan nilai untuk penyesuaian NN, keefektifan pembelajaran yang sangat baik dan klasifikasi boleh di update untuk berbagai sistem. Ia juga mempunyai kelebihan yang membolehkan



Gambar 5. Struktur model ANFIS



Gambar 6. Pemodelan sistem transmisi daya listrik 150 kV

pengekstrakan peraturan *Fuzzy* dari data berangka atau pengetahuan pakar dan membina suatu dasar peraturan. Seterusnya, akan didiskripsikan beberapa lapisan neuron yang ada dalam metode ANFIS [15].

Lapisan 1: Fuzifikasi.

Nod lapisan ini menjalankan nilai keanggotaan yang termasuk dalam setiap sistem FL dengan menggunakan fungsi keanggotaan [16].

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x) \quad \text{untuk } i = 1, 2 \quad (13)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y) \quad \text{untuk } i = 3, 4 \quad (14)$$

Fungsi keanggotaan boleh menggunakan mana-mana fungsi yang sesuai seperti; *Gaussian*, trapezoid, *generalized bell* dan segitiga [16, 17],

$$\mu_{A_i} = \begin{cases} 1 - \frac{a_{i1} - u}{a_{i2}} & \text{jika } a_{i1} - a_{i2} \leq u \leq a_{i1} \\ 1 - \frac{u - a_{i1}}{a_{i3}} & \text{jika } a_{i1} \leq u \leq a_{i1} + a_{i3} \\ 0 & \text{jika tidak} \end{cases} \quad (15)$$

$$\mu_{B_i} = \begin{cases} 1 - \frac{b_{i1} - v}{b_{i2}} & \text{jika } b_{i2} - b_{i2} \leq v \leq b_{i1} \\ 1 - \frac{v - b_{i1}}{b_{i3}} & \text{jika } b_{i1} \leq v \leq b_{i1} + b_{i3} \\ 0 & \text{jika tidak} \end{cases} \quad (16)$$

Lapisan 2: Perintah *If-Then*

Sistem pengawalan *AND* yang digunakan satu keluaran yang menunjukkan hasil daripada perintah LK. Lapisan keluaran adalah produk nilai yang sesuai.

$$O_{2,k} = w_k = \mu_{A_i}(x) * \mu_{B_j}(y) \quad (17)$$

Lapisan 3: Pemberat Normal

Pemberat normal adalah untuk menguruskan nisbah pemberat setiap peraturan untuk jumlah semua peraturan pemberat. Bahawa dalam setiap satu diambil sebagai pemberat normal itu.

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4} \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (18)$$

Lapisan 4: Defuzifikasi

Fungsi nod lapisan keempat mengira sehingga kesan setiap peraturan kepada jumlah pengeluaran seperti berikut:

$$O_{3,i} = \bar{w}_i z_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad i = 1, 4 \quad (19)$$

Lapisan 5: Penambahan Neuron

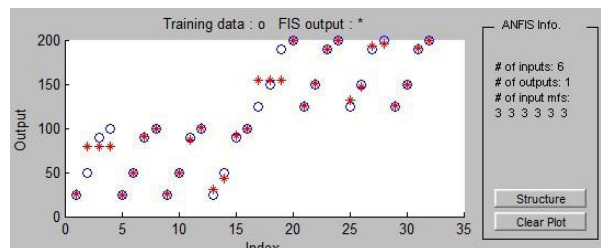
Nod mengira semua keluaran dengan menjumlahkan semua isyarat yang masuk. Impaknya, defuzifikasi mencipta proses keputusan Fuzzy setiap peraturan ke dalam lapisan keluaran ini.

$$O_{5,1} = \sum_{i=1}^4 \bar{w}_i z_i = \frac{w_1 z_1 + w_2 z_2 + w_3 z_3 + w_4 z_4}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4} \quad (20)$$

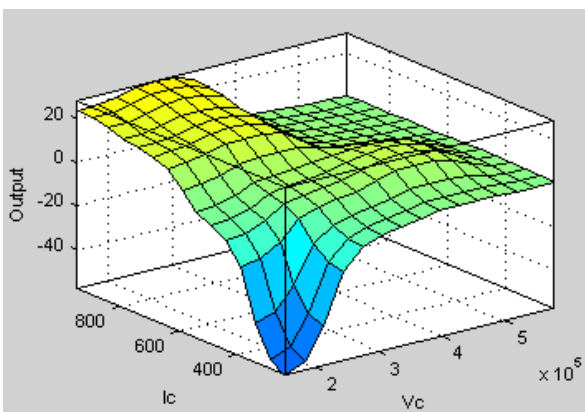
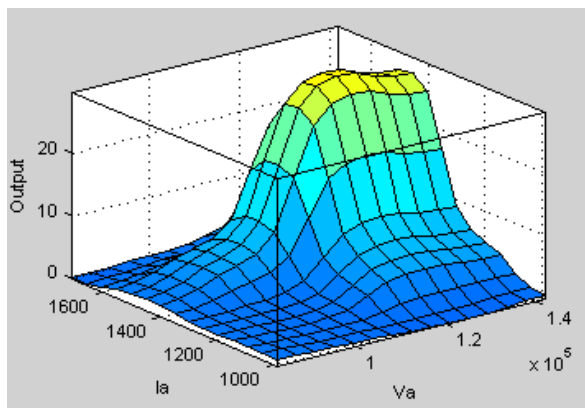
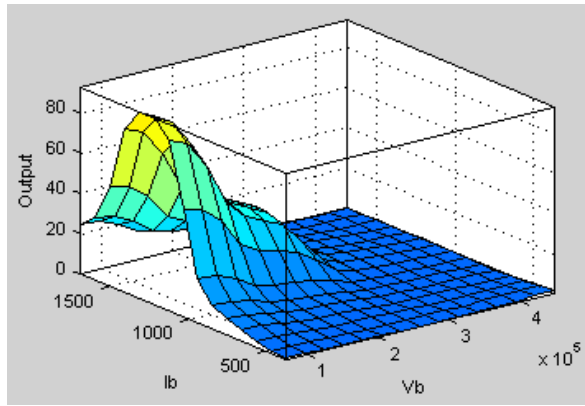
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan simulasi komputer menggunakan *software* Matlab Simulink dimodelkan sistem transmisi daya listrik. Hasil dari simulasi simulink ini akan dijalankan dengan menggunakan metode ANFIS untuk estimasi lokasi gangguan di saluran sistem daya listrik. Proses adaptasi metode ANFIS dilakukan dengan dua tahapan, yaitu tahapan pelatihan dan pengujian. Nilai masukan berupa nilai tegangan dan arus fasa (a,b,c) dengan estimasi lokasi gangguan sebagai sebagai nilai keluaran (target). Gambar 6 adalah menunjukkan gambar pemodelan sistem transmisi daya listrik dengan menggunakan Matlab Simulink versi 2016b.

Gambar 7 menunjukkan bentuk pengujian yang dilakukan dengan jumlah input fungsi keanggotaan sebesar 3 serta nilai output fungsi keanggotaan adalah 3. Kemudian Gambar 8 menunjukkan kurva surface yang dihasilkan oleh ANFIS untuk melihat pendekatan estimasi keluaran yang dihasilkan. Data-data keluaran tersebut dapat dilihat dalam Tabel 1 menunjukkan hasil simulasi yang telah dijalankan oleh ANFIS menggunakan Matlab GUI versi 2016a. Nilai target yang yang telah dijalankan menghasilkan nilai error



Gambar 7. Pelatihan data menggunakan metode ANFIS



Gambar 8. Kurva surface untuk Vabc/Iabc

yang baik yaitu dalam rentang nilai 0% sampai 0,5%.

V. KESIMPULAN

Dengan menggunakan adaptasi metode ANFIS pada sistem transmisi daya listrik dapat memberikan estimasi lokasi gangguan dengan error sekecil mungkin. Pemilihan parameter dan nilai fungsi keanggotaan (input/output) untuk hasilkan prediksi pengujian dengan nilai error terkecil. Keberhasilan metode ANFIS ini dipengaruhi oleh jumlah fungsi keanggotaan dan peraturan Fuzzy yang digunakan. Penelitian ini telah membangun satu algoritma teknik cerdas alternatif berdasarkan metode ANFIS untuk lokasi gangguan di saluran transmisi daya listrik.

Tabel 1. Data masukan pelatihan dan pengujian kondisi saat gangguan sistem daya listrik

Bus	Jenis Gangguan	Target	Keluaran	Error (%)
Bus 1 -2	ag	25	25.00	0.0018%
		50	50.04	0.0190%
		90	89.98	0.0082%
		100	99.98	0.0106%
	bcg	25	25.00	0.0001%
		50	50.00	0.0003%
		90	90.00	0.0012%
		100	100.00	0.0008%
	bc	25	25.00	0.0011%
		50	50.02	0.0081%
		90	89.91	0.0469%
	abc	100	100.04	0.0223%
25		25.00	0.0009%	
50		50.00	0.0022%	
90		90.02	0.0081%	
Bus 2 -3	ag	100	99.99	0.0072%
		125	125.08	0.0392%
		150	149.99	0.0046%
		190	189.93	0.0329%
	bcg	200	200.00	0.0006%
		125	125.00	0.0008%
		150	150.00	0.0000%
		190	190.00	0.0011%
	bc	200	200.00	0.0000%
		125	125.10	0.0512%
		150	149.94	0.0288%
		190	190.24	0.1223%
abc	200	199.75	0.1259%	
	125	125.00	0.0022%	
	150	150.00	0.0022%	
	190	190.00	0.0011%	
		200	199.99	0.0038%

REFERENSI

- [1] Hong-Chan, C., *Fault section diagnosis of power system using fuzzy logic*. Power Systems, IEEE Transactions on, 2003. **18**(1): p. 245-250.
- [2] Jang, J.S.R., *ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system*. Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 1993. **23**(3): p. 665-685.
- [3] Khan, S.A., M.D. Equbal, and T. Islam, *A comprehensive comparative study of DGA based transformer fault diagnosis using fuzzy logic and ANFIS models*. Dielectrics and Electrical Insulation, IEEE Transactions on, 2015. **22**(1): p. 590-596.
- [4] Hooshmand, R.A., M. Parastegari, and Z. Forghani, *Adaptive neuro-fuzzy inference system approach for simultaneous diagnosis of the type and location of faults in power transformers*. Electrical Insulation Magazine, IEEE, 2012. **28**(5): p. 32-42.
- [5] N. Sarikaya, K.G.a.C.Y., *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for The Computation of Characteristic Impedance And The Effective Permittivity Of The Micro Coplanar Strip Line*. 2008,

- Progress In Electromagnetics Research B. p. 225–237.
- [6] Fang, W. *Fault diagnosis for power systems based on neural networks*. in *Software Engineering and Service Science (ICSESS), 2011 IEEE 2nd International Conference on*. 2011.
- [7] Kaliwoda, M., et al. *Fault detection, identification and localization in medium-voltage networks using fuzzy-logic*. in *Developments in Power System Protection (DPSP 2014), 12th IET International Conference on*. 2014.
- [8] El-Hawary, M.E., *Introduction To Electrical Power System*. 2008, New Jersey: IEEE Press.
- [9] Schlabbach, J., *Short-circuit Currents*. IET PowEr and EnErgy sErIEs 51 2005, London, United Kingdom: The Institution of Engineering and Technology.
- [10] Wen-Hui, C., *Online Fault Diagnosis for Power Transmission Networks Using Fuzzy Digraph Models*. *Power Delivery, IEEE Transactions on*, 2012. **27**(2): p. 688-698.
- [11] Sang-Won, M., et al. *A fuzzy relation based fault section diagnosis method for power systems using operating sequences of protective devices*. in *Power Engineering Society Summer Meeting, 2001*. 2001.
- [12] Shengyang, H. and S.K. Starrett. *Modeling power system load using adaptive neural fuzzy logic and Artificial Neural Networks*. in *North American Power Symposium (NAPS), 2009*. 2009.
- [13] Sallama, A., M. Abbod, and P. Turner. *Neuro-fuzzy system for power generation quality improvements*. in *Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2012 47th International*. 2012.
- [14] Güler, İ. and E.D. Übeyli, *Adaptive neuro-fuzzy inference system for classification of EEG signals using wavelet coefficients*. *Journal of Neuroscience Methods*, 2005. **148**(2): p. 113-121.
- [15] Nguyen, T.T. and R. Gianto, *Neural networks for adaptive control coordination of PSSs and FACTS devices in multimachine power system*. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 2008. **2**(3): p. 355.
- [16] Azriyenni, M.W.M., *Application of ANFIS for Distance Relay Protection in Transmission Line*. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 2015. **5**(6): p. 1311-1318.
- [17] Starrett, S.H.S.K., *Modeling Power System Load using Adaptive Neural Fuzzy Logic and Artificial Neural Networks*.