

PENERAPAN ANFIS UNTUK MENENTUKAN ZONA GANGGUAN PADA SALURAN TRANSMISI TENAGA LISTRIK

Dzaki Budiman¹⁾, Azriyenni Azhari Zakri²⁾

^{1), 2)} Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293
Email: dzakibudiman@gmail.com

ABSTRACT

This research proposes one method in determining distance relay fault zones in power transmission systems. This research uses software simulated using Matlab / Simulink R2016a for asymmetric short circuit fault that produces voltage and current for each phase. The result of that fault will use intelligent technique as input determining the location of the fault zone. The intelligent technique used is a combination between Fuzzy Logic (FL) and Neural Network (NN) which called Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). Training and testing data have been carried out by running a short circuit fault simulation with distance variations in the off-fault location. The training process in ANFIS is carried out with many iterations. The ANFIS output shows the accuracy target of location fault, the small and good error value. Performs the ANFIS validation process in the form of RMSE and MAE values based on the type of asymmetric 4 power transmission line. The ANFIS validation result in the values of RMSE and MAE for one phase to ground short circuit that is 0,006472 and 0,005453. The result of ANFIS validation in the two phase short circuit between RMSE and MAE values that is 0,005046 and 0,004201. In the for two phase to ground short circuit of RMSE and MAE values from the ANFIS validation result that is 0,007294 and 0,006535. The comparison of the calculation results of this validation values between RMSE and MAE show that the results of ANFIS network testing. Smaller result of error value RMSE or MAE so the ANFIS network gets better, and vice versa. The comparison result shows that, using MAE method can determine the location of the fault zone nearer than RMSE method.

Keywords : ANFIS, error, fault asymmetric, fault zone, transmission system

I. PENDAHULUAN

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) merupakan bagian dari sistem transmisi tenaga listrik yang mempunyai peranan penting dalam menyalurkan energi listrik berkapasitas besar. SUTT berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dan menghubungkan dari pusat pembangkit tenaga listrik ke gardu induk. Dalam menyalurkan energi listrik sering mengalami gangguan dalam maupun gangguan dari luar. Gangguan yang sering terjadi seperti sambaran petir, badai, beban lebih, hubung singkat dan lain sebagainya. Gangguan hubung singkat yang terjadi dapat berupa asimetris dan simetris. Gangguan asimetris terdiri dari gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa dan dua fasa ke tanah. Sedangkan gangguan simetris yakni gangguan 3 fasa. Setiap jenis gangguan hubung singkat yang terjadi memiliki karakteristik yang berbeda untuk arus dan tegangannya. Maka setiap gangguan hubung singkat yang terjadi di saluran transmisi harus diketahui jenisnya terlebih dahulu dan kemudian baru dilakukan penentuan lokasi zona gangguan yang terjadi. Adanya gangguan tersebut

menyebabkan terganggunya kelancaran operasi dan tentunya berpengaruh pada kerusakan peralatan pada sistem tenaga listrik. Oleh karena itu diperlukan adanya sistem proteksi untuk mengurangi kerusakan dan kerugian akibat adanya gangguan tersebut (Pamungkas, 2014).

Sistem proteksi yang di gunakan untuk mendeteksi zona gangguan sebagai proteksi utama pada saluran transmisi adalah relai jarak. Pada prinsipnya relai jarak adalah relai yang bekerja dengan mengukur besarnya nilai arus dan nilai tegangan (Pandjaitan B, 2012). Apabila semakin dekat gangguan yang terjadi terhadap jarak gangguan maka semakin kecil nilai tegangan dan arus semakin besar begitu juga sebaliknya.

Penentuan lokasi zona gangguan pada sistem transmisi sangat penting untuk mengetahui daerah gangguan dan mempercepat proses perbaikan. Perbaikan yang cepat akan mengurangi keluhan pelanggan, waktu berhenti sistem, kerugian pendapatan, dan ongkos perbaikan. Untuk itu perlu dikembangkan algoritma untuk menentukan lokasi

zona gangguan secara akurat dan cepat. Penentuan lokasi zona gangguan pada sistem transmisi tenaga listrik menggunakan hasil data gangguan arus dan tegangan setiap fasa sistem pada terminal yang terhubung dengan saluran transmisi yang mengalami gangguan.

Pemodelan struktur teknik cerdas yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah gabungan *Neural Network* (NN) dan *Fuzzy Logic* (FL). Teknik gabungan ini dikenal dengan nama *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS). Metode ANFIS sebagai teknik cerdas untuk proses menentukan lokasi zona gangguan. Penggunaan metode ANFIS yang dapat menghasilkan prediksi zona gangguan yang akurat dalam perencanaan sistem di kemudian hari agar sistem transmisi lebih handal.

Pengolahan hasil simulasi akan digunakan sebagai masukan dalam menggunakan ANFIS untuk menentukan lokasi zona gangguan hubung singkat.. Metode ini diuji untuk semua jenis gangguan, dengan jarak lokasi gangguan yang berbeda pada saluran transmisi.

Azriyenni A. Z., dan Miss E. D., 2017 melakukan penelitian menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) *backpropagation* system proteksi relai jarak dengan tujuan untuk mendeteksi zona gangguan dan dapat mengetahui keluaran dari CB yang aktif beroperasi di zona saat terjadi gangguan pada sistem.. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa menggunakan modular JST-BP dapat memberikan informasi berupa lokasi atau zona gangguan di saluran sistem transmisi. Hasil keluaran yang diharapkan memberikan koreksi galat yang kecil dan akan lebih mendekati nilai yang baik (Azriyenni & Missi, 2017).

Lalu Alwan S. L., 2016 telah dijelaskan bahwa penelitian tersebut melakukan perhitungan gangguan dilakukan dengan *software* DIGSILENT yang membahas penyetelan relai jarak saluran transmisi Payo Selincah – Aur Duri pada zona 1 dan zona 2, tidak dengan zona 3. Maka dari itu dilakukan penyetelan relai jarak yang baru sebagai sistem proteksi serta memperlihatkan penyetelan relai jarak dalam kondisi paralel untuk mengatasi permasalahan sensitivitas tersebut (Alwan S. L, 2016).

Selanjutnya Sepannur. B., 2016 melakukan penelitian menganalisa kinerja relai jarak pada *software* Matlab/Simulink dari GI Payakumbuh ke GI Batusangkar 150 KV. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lokasi gangguan pada saluran transmisi dan untuk mendapatkan penyetelan relai jarak pada zona 1, zona 2, dan zona 3. Dan Hasil

yang di dapatkan bahwa gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, dua fasa, dan tiga semakin dekat gangguan ke sumber maka arus gangguan semakin besar (Sepannur B., 2016).

Berdasarkan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan menentukan lokasi zona gangguan pada sistem transmisi tenaga listrik, maka penelitian ini akan mengembangkan suatu penerapan metode teknik cerdas ANFIS untuk menentukan lokasi zona gangguan yang terjadi pada saluran transmisi sistem 4 bus. Teknik cerdas ini diharapkan dapat menambah perbaikan dari sisi ketepatan dan tingkat akurasi target zona serta koreksi *error* yang kecil mendekati nilai yang baik dalam menentukan lokasi zona gangguan pada sistem transmisi tenaga listrik.

Setiap kesalahan dalam suatu rangkaian yang menyebabkan terganggunya aliran arus yang normal disebut gangguan (Stevenson, 1983). Gangguan Hubung singkat adalah gangguan yang terjadi akibat hubungan penghantar, baik penghantar yang bertegangan ataupun tidak bertegangan secara langsung (tidak melalui media) yang semestinya sehingga mengakibatkan terjadinya aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Gangguan mengakibatkan perubahan yang cukup berarti pada besaran sistem, sehingga dapat digunakan untuk membedakan antara kondisi yang dapat ditolerir atau tidak dapat ditolerir. Gangguan hubung singkat dapat berupa gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa, dua fasa ke tanah, dan tiga fasa pada saluran transmisi.

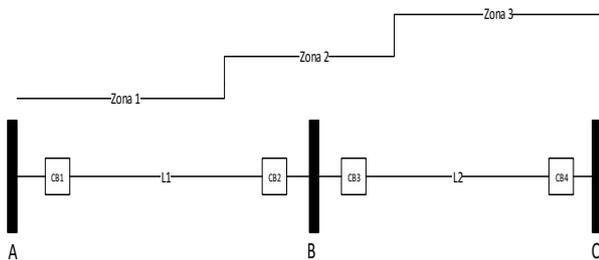
Relai Jarak Pada Sistem Transmisi

Seperti yang telah kita ketahui bahwa relai jarak merupakan salah satu pengamanan pada saluran transmisi tegangan tinggi. Proteksi saluran transmisi pada umumnya menggunakan relai jarak sebagai pengamanan utama, dikarenakan pada relai jarak tersebut memiliki ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan dengan relai pengamanan yang lain. Kelebihan yang dimiliki oleh relai jarak yaitu relai pengamanan ini dapat mengukur besarnya perbandingan tegangan dan arus atau dapat mengukur besarnya impedansi pada saluran transmisi. Oleh sebab itu, relai jarak kadang disebut juga dengan relai impedansi (Pandjaitan B, 2012)

Apabila terjadi penyimpangan besarnya tegangan atau arus atau bahkan keduanya secara bersamaan yang disebabkan oleh gangguan transmisi, maka relai jarak akan bekerja lalu memberikan sinyal ke pemutus tenaga untuk segera membuka sehingga saluran akan menjadi aman

kembali. Disebut relai jarak karena relai ini bekerja untuk gangguan-gangguan yang terjadi antara lokasi relai sampai pada titik gangguan dengan kata lain impedansi tersebut adalah sebanding dengan jarak gangguan atau panjang saluran (Tobing, C. N. H, 2008)

Relai jarak memberikan perlindungan pada saluran transmisi dalam 3 zona proteksi yaitu zona 1, zona 2, dan zona 3. Proteksi jarak didasarkan karakteristik pengukuran jarak gangguan yang bisa dilakukan lebih dari satu zona proteksi. Zona ini menggambarkan seberapa panjang saluran yang diproteksi oleh pengaman jarak. Gambar 1 merupakan daerah penyetelan pembagian zona relai jarak pada saluran transmisi.



Gambar 1. Daerah pengaman zona relai jarak

Gambar 1 menunjukkan prinsip kerja relai jarak dapat memberi perlindungan pada zona. Penyetelan relai jarak terdiri dari tiga kawasan perlindungan yaitu pemilihan zona 1, pemilihan zona 2, dan pemilihan zona 3.

Dengan mempertimbangkan adanya gangguan-gangguan dari data saluran transmisi, penyetelan jangkauan zona 1 mencakup 80 persen dari panjang saluran dengan persamaan (1) (PT. PLN, 2006).

$$\text{Zona 1} = 0.8 \times Z_{L1} (\text{saluran}) \quad (1)$$

Masa kerja relai pada keadaan $t_I = 0$, sedangkan prinsip penyetelan jangkauan zona 2 adalah berdasarkan persamaan (2) dan (3) (PT. PLN, 2006).

$$\text{Zona 2 min} = 1.2 \times Z_{L1} (\text{saluran}) \quad (2)$$

$$\text{Zona 2 mak} = 0.8 (Z_{L1} + 0.8 \times Z_{L2}) \quad (3)$$

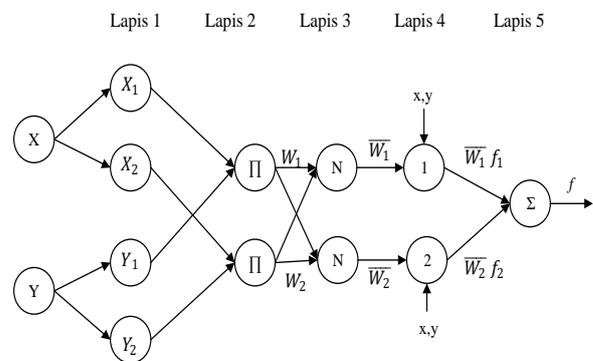
Prinsip penyetelan jangkauan zona 3 adalah berdasarkan persamaan (4) dan (5) (PT. PLN, 2006).

$$\text{Zona 3 min} = 1.2 (Z_{L1} + 0.8 \times Z_{L2}) \quad (4)$$

$$\text{Zona 3 mak} = 0.8 (Z_{L1} + 1.2 \times Z_{L2}) \quad (5)$$

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

ANFIS adalah jaringan adaptif yang berbasis pada sistem inferensi fuzzy. ANFIS merupakan gabungan dari *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Fuzzy Inference System* (FIS). Parameter ANFIS dapat dipisahkan menjadi dua, yaitu parameter premis dan parameter konsekuensi yang dapat diadaptasikan dengan algoritma pembelajaran *hybrid*. ANFIS memiliki struktur dengan 5 lapisan. Gambar 2 merupakan sebuah arsitektur ANFIS 2 masukan yaitu x, y , dan satu keluaran f . Ada dua aturan pada basis aturan model sugeno. Kedua aturan ini dapat dilihat dengan persamaan 6 dan persamaan 7, sedangkan untuk keluaran ANFIS dihitung menggunakan persamaan 8 (Azriyenni & Mustafa, 2015).



Gambar 2. Arsitektur ANFIS (Kusumadewi & Hartati, 2010)

If x is A_1 and y is B_1 ,

$$f_1 = p_1x + p_1y + r_1 \quad (6)$$

If x is A_2 and y is B_2 ,

$$f_2 = p_2x + p_2y + r_2 \quad (7)$$

$$f = \frac{w_1f_1 + w_2f_2}{w_1 + w_2} = \bar{w}_1f_1 + \bar{w}_2f_2 \quad (8)$$

SIF yang digunakan yaitu sistem inferensi fuzzy model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi. Lapisan 1 disebut lapisan fuzifikasi. Semua simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif (parameter dapat berubah). Untuk fungsi aktivasi lapisan 1 dapat dihitung dengan persamaan 9 dan 10 (Azriyenni & Mustafa, 2015).

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x) \text{ untuk } i = 1, 2 \quad (9)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y) \text{ untuk } i = 3, 4 \quad (10)$$

Fungsi keanggotaan (μ) yang di pakai adalah *Generalized Bell* (gbell) yang dapat dihitung dengan persamaan 11 (Jang & Mizutani, 1997).

$$\mu_A(X) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad (11)$$

Dengan a, b, c adalah himpunan parameter. Parameter dalam lapis ini disebut parameter premis adaptif, yaitu parameter yang dapat berubah. Untuk lapisan 2, semua simpul pada lapisan ini adalah nonadaptif (parameter tetap). Keluarannya adalah hasil perkalian (Operator AND) dari semua masukan untuk lapisan ini. Keluaran lapisan 2 ANFIS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 12 (Jang & Mizutani, 1997).

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \cdot \mu_{B_i}(y) \text{ untuk } i = 1, 2 \quad (12)$$

Untuk lapisan 3, semua simpul pada lapisan ini adalah simpul nonadaptif (parameter tetap). Keluaran pada lapisan ini disebut fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi, yaitu rasio keluaran simpul ke-i pada lapisan sebelumnya terhadap seluruh keluaran lapisan sebelumnya. Keluaran lapisan 3 ANFIS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 13 (Jang & Mizutani, 1997).

$$O_{3,1} = w_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \text{ untuk } i = 1, 2 \quad (10)$$

Untuk lapisan 4, semua simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif (parameter dapat berubah). Keluaran lapisan 4 ANFIS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 11 (Azriyenni & Mustafa, 2015).

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (11)$$

Untuk lapisan 5, hanya ada satu simpul tetap pada lapisan ini yang fungsinya untuk menjumlahkan semua masukan. Keluaran lapisan 5 ANFIS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 12 (Jang & Mizutani, 1997).

$$O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_i f_i \quad (12)$$

Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolute Error (MAE)

Baik *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) biasanya digunakan dalam studi evaluasi model. RMSE adalah aturan

penskalaan kuadrat yang juga mengukur besar kesalahan rata-rata. Yaitu akar kuadrat dari rata-rata perbedaan kuadrat antara nilai aktual dan prediksi. Sedangkan MAE mengukur besarnya rata-rata kesalahan dalam satu set prediksi, tanpa mempertimbangkan arahnya. Yaitu rata-rata pada sampel uji dari perbedaan mutlak antara nilai aktual dan prediksi dimana semua perbedaan tiap data memiliki bobot yang sama. Rumus persamaan RMSE dan MAE dari jumlah data sebanyak n dapat dilihat dibawah ini (Chai & Draxler, 2014).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2} \quad (14)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - y'_i| \quad (15)$$

Dimana :

y_i = Nilai target sebenarnya

y'_i = Nilai keluaran prediksi

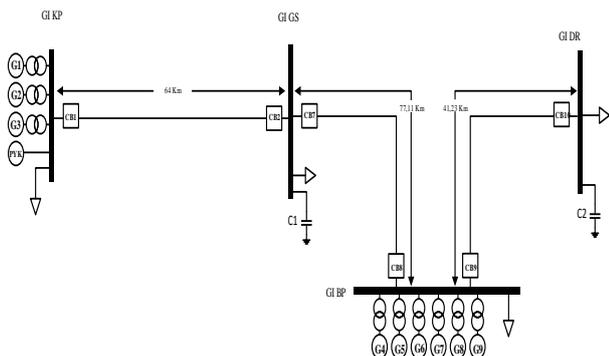
n = Jumlah data

II. METODE PENELITIAN

Pada penulisan artikel ini dilakukan penelitian dengan data sistem transmisi tenaga listrik yang didapatkan dari PT. PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sumatera Bagian Tengah (UPB Sumbagteng), kemudian dilakukan pemodelan dari data sistem transmisi tenaga listrik tersebut menggunakan Matlab/*Simulink*. Selanjutnya dilakukan simulasi gangguan hubung singkat pada pemodelan tersebut dengan variasi berupa jenis gangguan dan jarak lokasi gangguan, Kemudian data-data yang diperoleh dari simulasi gangguan hubung singkat diolah. Hasil olahan tersebut digunakan sebagai masukan pada ANFIS untuk menentukan lokasi zona gangguan.

Sistem transmisi tenaga listrik yang digunakan sebagai objek penelitian berupa saluran transmisi yang dimulai dari Gardu Induk Koto Panjang, Garuda Sakti, Balai Pungut dan Duri di Provinsi Riau. Pada bus Koto Panjang terdapat tiga unit generator sinkron sebagai pembangkit Sedangkan pada bus BP terdapat 6 generator sinkron sebagai pembangkit. Bus Koto Panjang juga menerima aliran daya (*load flow*) dari bus Payakumbuh sebesar 136 MW. Masing - masing bus pada sistem ini terdapat beban dengan kapasitas yang berbeda-beda. Pada bus Garuda Sakti terdapat

capacitor bank dengan kapasitas 50 MVAR untuk mencegah terjadinya jatuh tegangan. Gangguan hubung singkat diletakkan pada saluran transmisi berupa gangguan asimetris. Gambar 3 menampilkan *single line* diagram pada sistem transmisi objek penelitian. Terdapat 4 bus dengan GI KP sebagai bus Koto Panjang, GI GS sebagai bus Garuda Sakti, GI BP sebagai bus Balai Pungut dan GI DR sebagai bus Duri.



Gambar 3. *Single line* diagram sistem transmisi tenaga listrik objek penelitian

Pemodelan penelitian memperoleh data gangguan dengan cara melakukan simulasi gangguan hubung singkat Asimetris yaitu gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan dua fasa dan gangguan dua fasa ketanah pada pemodelan saluran transmisi tenaga listrik dan selanjutnya hasil keluaran dari simulasi berupa tegangan perfasa dan arus perfasa digunakan sebagai masukan ANFIS untuk menentukan lokasi zona gangguan pada simulasi tersebut.

Setelah didapatkan hasil data gangguan Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap ANFIS yang telah dipilih dengan masukan yang berbeda dari data pelatihan dan pengujian ANFIS dengan variasi gangguan dan jarak gangguan yang berbeda seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter data pelatihan dan data pengujian

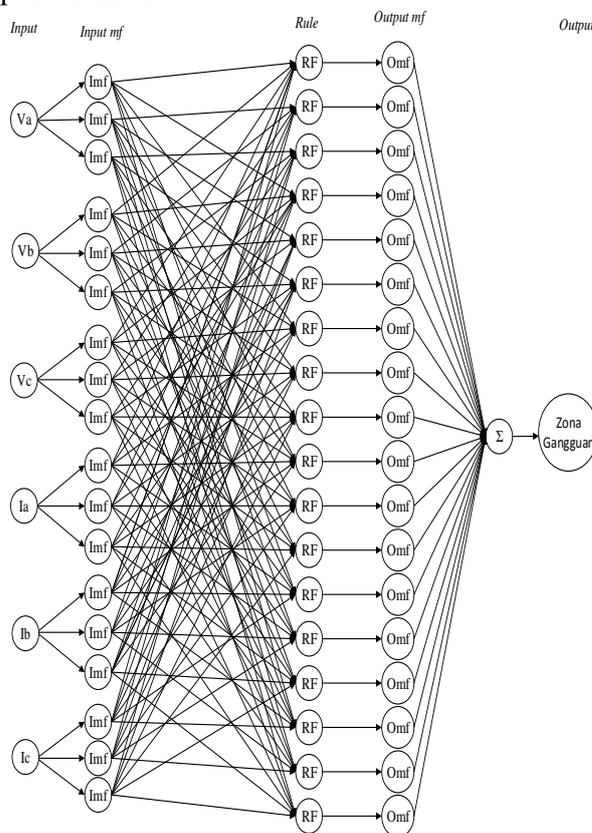
Saluran	Jenis Gangguan Hubung Singkat	Jarak Gangguan Pelatihan (%)	Jarak Gangguan Pengujian (%)
KP-GS	FT FF FFT	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100	5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95
GS-BP	FT FF FFT	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100	5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95

Tabel 1 merupakan lokasi jarak gangguan hubung singkat yang disimulasikan pada model sistem transmisi untuk mendapatkan hasil keluaran yang akan digunakan pada ANFIS untuk menentukan lokasi zona gangguan.

Desain Struktur Jaringan ANFIS

ANFIS lokasi zona gangguan dibuat untuk menentukan lokasi zona gangguan pada masing – masing jenis gangguan dan memberikan hasil keluaran berupa informasi zona lokasi gangguan.. Adapun gangguan yang disimulasikan berupa jenis gangguan hubung singkat FT , FF , dan FFT.

Pada perancangan ANFIS lokasi zona gangguan ini, akan dilakukan perancangan dengan memvariasikan jarak lokasi gangguan masukan pada ANFIS. Sedangkan untuk jenis fungsi keanggotaan yang digunakan pada ANFIS yaitu *generalized bell* dan dengan jumlah fungsi keanggotaannya 3, yang bertujuan untuk mendapatkan dan memilih hasil akurasi yang lebih baik untuk pelatihan ANFIS menentukan lokasi zona gangguan. Proses pelatihan dilakukan sebanyak 1000 kali iterasi selama ± 7 jam dengan nilai toleransi *error* pelatihan adalah 0. Struktur ANFIS untuk lokasi zona gangguan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur ANFIS lokasi zona gangguan

Pada Gambar 4 merupakan struktur jaringan ANFIS untuk menentukan zona gangguan pada saluran transmisi tenaga listrik. Pada Struktur ANFIS tersebut terdiri dari 6 masukan yaitu terdiri tiga nilai tegangan perfasa dan tiga nilai arus perfasa, *membership function* (MF) yang digunakan adalah tipe *generalized bell* dan setiap masukan *mf* terdiri dari 3 fungsi keanggotaan pada tiap-tiap unitnya. Jumlah *rules* yang dibangkitkan berjumlah 729 buah *rules*. Serta 1 keluaran dengan target ada 3 yaitu zona 1, zona 2, dan zona 3.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi menggunakan *software* Matlab/Simulink memodelkan kerja dari metode ANFIS, dimana hasil simulasi berupa dapat menentukan lokasi zona gangguan di saluran transmisi tenaga listrik. Pada pemodelan tersebut dilakukan simulasi yang dijadikan sebagai data masukan target yang menggunakan dua proses, yaitu proses pelatihan dan pengujian. Nilai berupa nilai tegangan dan arus sebagai masukan ANFIS. Setelah dilakukan pelatihan dan pengujian pada ANFIS dengan variasi jenis gangguan hubung singkat dan variasi jarak lokasi gangguan dalam menentukan lokasi zona gangguan, selanjutnya dilihat hasil keluaran pada masing – masing ANFIS dengan variasi jenis gangguan hubung singkat asimetris seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil keluaran ANFIS gangguan hubung singkat amiteris

Saluran	Jarak	Hasil Keluaran ANFIS (FT)	Hasil Keluaran ANFIS (FF)	Hasil Keluaran ANFIS (FFT)
KP-GS	3.2	1.0023	1.00579	1.0089
	9.6	0.9912	0.9953	0.9885
	16	1.004	1.00925	1.00419
	22.4	1.0001	0.997	0.9904
	28.8	0.9906	1.0081	1.0038
	35.2	0.997	0.99788	0.9932
	41.6	1.0056	1.007	1.00584
	48	0.9875	0.99987	0.989749
	54.4	1.9895	1.99372	1.9898
60.8	2.017	2.00462	2.02301	

GS-BP	3.8555	2.003	1.9952	2.0191
	11.5665	1.9983	1.988834	1.9813
	19.2775	2.011	2.00979	2.00762
	26.9885	1.9792	1.9826	1.99702
	34.6995	2.0178	2.001	2.00967
	42.4105	3.007	3.003327	3.00918
	50.1215	2.9891	2.9823	3.0206
	57.8325	3.0168	3.00298	3.00344

Pada Tabel 2 merupakan hasil keluaran metode teknik cerdas ANFIS yang di dapatkan setelah melakukan proses pelatihan pengujian jaringan ANFIS untuk menentukan lokasi zona gangguan pada saluran transmisi tenaga listrik.

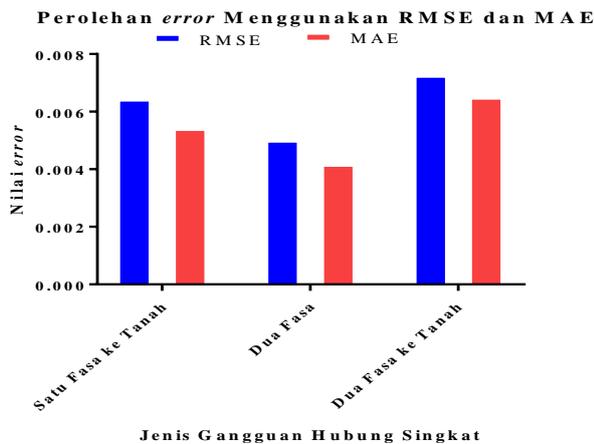
Selanjutnya akan dihitung nilai kesalahan dari perbandingan nilai sebenarnya dengan hasil keluaran. Nilai kesalahan ini yang akan menentukan baik atau tidaknya jaringan ANFIS yang telah dibangun. Semakin kecil nilai kesalahan maka jaringan yang dibangun semakin baik. Menentukan nilai kesalahan terkecil dilakukan dengan menghitung nilai RMSE dan nilai MAE.

Perbandingan hasil perhitungan nilai RMSE dan MAE inilah yang akan menunjukan hasil pengujian jaringan ANFIS. Semakin kecil nilai RMSE dan MAE maka jaringan ANFIS semakin baik, begitu juga sebaliknya. Tabel 3 merupakan rata-rata perolehan nilai RMSE dan MAE untuk jenis gangguan asimetris yang terdiri dari gangguan hubung singkat satu fasa ketanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah dalam menentukan lokasi zona gangguan pada saluran transmisi tenaga listrik sistem 4 bus dengan menggunakan teknik cerdas ANFIS.

Tabel 3. Nilai RMSE dan MAE pada saluran transmisi sistem 4 bus

Jenis gangguan	RMSE	MAE
Gangguan satu fasa ke tanah	0.006472	0.005453
Gangguan dua fasa	0.005046	0.004201
Gangguan dua fasa ke tanah	0.007294	0.006535

Tabel 3. menampilkan nilai RMSE dan MAE setiap gangguan hubung singkat asimetris pada saluran transmisi tenaga listrik sistem 4 bus sehingga grafik perolehan *error* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik perolehan nilai *error* menggunakan RMSE dan MAE

Pada Gambar 5 menampilkan grafik perbandingan perolehan nilai *error* menggunakan RMSE dan MAE pada saluran transmisi tenaga listrik sistem 4 bus yang disimulasikan dengan gangguan hubung singkat asimetris. Grafik warna biru menunjukkan hasil perhitungan nilai RMSE sedangkan grafik warna merah menunjukkan hasil perhitungan nilai MAE.

IV. KESIMPULAN

Hasil menjalankan metode ANFIS menggunakan *tool* Matlab pada relai jarak dapat memberikan informasi berupa lokasi zona gangguan di saluran sistem transmisi dari bus KP, bus GS, bus BP, dan bus DR. Hal ini bisa dilihat dari relai jarak yang mampu memberikan perlindungan pada saluran transmisi dalam 3 zona proteksi, yaitu zona 1, zona 2, dan zona 3. Berdasarkan hasil dan analisa ANFIS, desain metode teknik cerdas ini dapat menggunakan nilai tegangan dan arus setiap fasa sebagai masukan ANFIS. Hal ini dikarenakan semakin banyak data pelatihan yang digunakan, sehingga peramalan zona gangguan semakin baik. Rata-rata *error* pengujian yang dihasilkan oleh jaringan ANFIS menentukan lokasi zona gangguan yang telah dipilih yaitu gangguan jenis satu fasa ke tanah dengan RMSE 0.006472 dan MAE 0,005453, dua fasa dengan RMSE 0.005046 dan MAE 0.004201, dan dua fasa ke tanah dengan RMSE 0.007294 dan MAE 0.006535.

DAFTAR PUSTAKA

A. C. Pamungkas. (2014). Scanning Setting Relai Jarak (Distance Relay) Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Gardu Induk Drajat-Garut-Tasik-Tasik Baru, p. 1.

- Azriyenni, Dame Ebta. M. (2017). Pemodelan Struktur Teknik Cerdas Untuk Sistem Proteksi Relai Jarak. *SINERGI*, 21(1): p. 31-38.
- Alwan, S. L. (2016). Analisa Setting Relai Jarak Sebagai Proteksi Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 Kv Payo Selincah – Aur Duri. E-Skripsi UNAND.
- Bandri Sapannur, (2016). Studi Settingan Distance Relay Pada Saluran Transmisi 150 Kv Di GI Payakumbuh Dengan Menggunakan Software Matlab, *JTE – ITP* ISSN NO 2252 – 3472.
- Stevenson, W. D. (1983). *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Tobing, C. N. H. (2008). Relai Jarak sebagai Proteksi Saluran Transmisi. Depok: Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- PT. PLN. (2006). Pelatihan O dan M Relai Proteksi Jaringan,
- Pandjaitan, B., (2012). *Praktik – Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, Andi Offset, Yogyakarta
- Azriyenni, & Mustafa, M. W. (2015). Application of ANFIS for Distance Relay Protection in Transmission Line. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 5(6), 1311-1318.
- Kusumadewi, S., & Hartati, S. (2010). *Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Saraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Chai, T., & Draxler, R. (2014). Root Mean Square Error (RMSE) or Mean Absolute Error (MAE)? Arguments Against Avoiding RMSE in the Literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247-1250.
- Jang, J.-S. R., & Mizutani, E. (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. London: Prentice-Hall.