



# PROSIDING

**SEMINAR NASIONAL PAKAR KE 2 TAHUN 2019**

---

ISSN (P) : 2615 - 2584  
ISSN (E) : 2615 - 3343

Buku 1:  
SAINS DAN TEKNOLOGI

Penyelenggara:



Terindeks oleh IPI dan Google Scholar

**SUSUNAN DEWAN REDAKSI  
PROSIDING SEMINAR NASIONAL PAKAR KE 2 TAHUN 2019**

Penanggung Jawab/Pemimpin Redaksi : Prof. Ir. Agus Budi Purnomo, MSc,PhD.

Wakil Pemimpin Redaksi : Dr. Ir. Dody Prayitno, M.Eng.

Reviewer:

- Dr. Ir. Dody Prayitno, M.Eng. (Universitas Trisakti)
- Dr. Ir. Dwita Suastiyanti, M.Si. (Institut Teknologi Indonesia)
- Lidya Anggraeni, ST,M.Eng, Ph.D. (Universitas Presiden)
- Mohan Taufiq Mashuri, S.Pd., M.Pd. (Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari)
- Dr. Hamzah, S.T., M.T. (Universitas Lancang Kuning)
- Kholis A. Audah, PhD. (Swiss German University)
- Dr. Ivonne Ayesha, Sp., MP. (Universitas Ekasakti Padang)
- Dr. Ir. Andi Adriansyah (Universitas Mercu Buana)
- Ir. Endang Noerhartati, MP. (Universitas Wijaya Kusuma, Surabaya)
- Dra. Lusy Tunik Muharlisiani, M.Pd. ((Universitas Wijaya Kusuma, Surabaya)
- Dr. Ir. Eka Purwanda, M.Si. (Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco Subang)
- Dr. Armen Nainggolan, M.Si. (Universitas Satya Negara Indonesia)
- Dr. Taufikurrahman (Asosiasi Staf Akademik Seluruh Indonesia)

Redaksi Pelaksana :

- Suparmi, SH
- Dwi Prihatiningsih, SE
- Ir. Gatot Budi Santoso, M.Kom
- Tjutju R. Suprpto, SE
- Sardiyanto, SH

Penerbit :

Lembaga Penelitian Universitas Trisakti  
Gedung M Lantai XI  
Jl. Kyai Tapa No 1, Grogol Jakarta 11440  
Telp. (021) 5663232 Ext. 141, 145  
Fax. (021) 5684021  
Email: pakarseminar@trisakti.ac.id

## KATA SAMBUTAN KOORDINATOR KONSORSIUM CENDEKIAWAN

Perguruan tinggi sebagai bagian dari lembaga yang bertugas untuk mengembangkan keilmuan, harus senantiasa meningkatkan penelitian dan publikasikan karya ilmiah. Semua karya ilmiah sivitas akademik yang terpublikasi akan dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan peradaban manusia.

Kewajiban untuk mempublikasikan karya ilmiah bagi dosen dan mahasiswa tertuang dalam Peraturan Menteri Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2015.

Seminar Nasional Pakar ke 2 yang dilaksanakan pada sabtu tanggal 2 maret 2019 ini diselenggarakan oleh “Konsorsium Cendekiawan” yang terdiri dari Universitas Trisakti ,Institut Teknologi Indonesia, Universitas Presiden, Universitas Lancang Kuning, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari, Universitas Ekasakti Padang, Universitas Mercu Buana, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Universitas Satya Negara Indoensia, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Asosiasi Staf Akademik Seluruh Indonesia, Swiss German University, dan Universitas Mercubuana untuk memfasilitasi para pakar mempublikasikan karya ilmiahnya.

Saya mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Ir. Dwita Suastiyanti, M.Si. dari Institut Teknologi Indonesia, Lidya Anggraeni, ST,M.Eng, Ph.D dari Universitas Presiden, Mohan Taufiq Mashuri, S.Pd., M.Pd dari Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari, Dr. Hamzah, S.T., M.T dari Universitas Lancang Kuning, Kholis A. Audah, PhD dari Swiss German University, Dr. Ivonne Ayesha, Sp., MP dari Universitas Ekasakti Padang, Dr. Ir. Andi Adriansyah dari Universitas Mercu Buana, Ir. Endang Noerhartati, MP dari Universitas Wijaya Kusuma, Dr. Ir. Eka Purwanda, M.Si dari Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco Subang, Dr. Armen Nainggolan, M.Si dari Universitas Satya Negara Indonesia, Dr. Taufikurrahman dari Asosiasi Staf Akademik Seluruh Indonesia atas kerjasamanya dalam penyelenggaraan Seminar Nasional Pakar ke 2 Tahun 2019.

Seminar ini terdiri dari dua seri yaitu **Seri 1: sains dan Teknologi** dengan tema “**Penelitian Sains Dan Teknologi Untuk Indonesia Lebih Baik**” dan **Seri 2: Sosial dan Humaniora** dengan tema “**Penelitian Sosial Dan Humaniora Untuk Indonesia Lebih Baik.**”

Semoga seminar ini bermanfaat bagi pembangunan indonesia menjadi lebih baik. Sekian dan selamat berseminar.

Jakarta, 2 Maret 2019

Koordinator Konsorsium Cendekiawan

Prof. Ir. Agus Budi Purnomo, MSc.PhD.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kami ucapkan dengan terlaksananya Seminar Nasional Pakar Ke 2 pada sabtu tanggal 2 maret 2019 ini. Seminar ini terdiri dari dua seri yaitu **Seri 1: sains dan Teknologi** dengan tema “ **Penelitian Sains Dan Teknologi Untuk Indonesia Lebih Baik**” dan **Seri 2: Sosial dan Humaniora** dengan tema “**Penelitian Sosial Dan Humaniora Untuk Indonesia Lebih Baik.**”

Seluruh makalah seminar dimasukkan kedalam Prosiding Seminar Nasional Pakar Tahun 2019 kecuali beberapa makalah terpilih untuk masuk dalam jurnal. Prosiding Seminar Nasional Pakar terdiri dari dua buku yaitu : **Buku 1: Sains dan Teknologi** serta **Buku 2: Sosial dan Humaniora. Prosiding tersedia dalam versi cetak dan versi daring (online).**

Prosiding Seminar Nasional Pakar Tahun 2019 versi online dapat di akses pada <http://www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/pakar>. Terindeks oleh *google scholar* dan IPI

Makalah yang dipresentasikan pada Seminar Nasional ini berasal dari 26 Perguruan Tinggi Swasta dan 6 Perguruan Tinggi Negeri. Asal Perguruan Tinggi diantaranya dari Medan, Riau, Bengkalis, Lampung, Jawa dan Banjarmasin.

Jumlah makalah yang diterima 144 makalah. Hasil review hanya 132 makalah yang dapat dipresentasikan terdiri dari 67 makalah untuk seri sains dan teknologi dan 65 makalah untuk seri sosial dan humaniora. Universitas Trisakti mempresentasikan 52 makalah.

Semoga Buku Prosiding Seminar Nasional Pakar ini dapat bermanfaat bagi semua. Atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih. Insya Allah Seminar Nasional Pakar ke 3 akan diadakan kembali bulan Maret 2020. Kami mengundang seluruh peneliti untuk berpartisipasi kembali dalam acara tahunan ini.

Jakarta, 2 Maret 2019

Seminar Nasional Pakar ke 2 Tahun 2019  
Ketua Panitia

Dr. Ir. Dody Prayitno, M.Eng.

## PENERAPAN ANFIS UNTUK PERAMALAN GANGGUAN PADA TRANSFORMATOR DAYA

Azriyenni Azhari Zakri<sup>1)</sup>, Hari Firdaus<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau  
E-mail: Azriyenni@eng.unri.ac.id; hari.firdaus@student.unri.ac.id

### Abstrak

Sistem daya listrik memiliki pembangkitan, sistem transmisi, sistem distribusi, sistem proteksi, dan beban. Sistem pembangkitan tenaga listrik merupakan elemen yang digunakan sebagai objek simulasi ketika terjadi gangguan pada transformator daya. Teknik cerdas yang akan digunakan adalah teknik hibrid yaitu gabungan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan logika *Fuzzy* yang dikenal dengan ANFIS. Tujuan tulisan ini adalah mengusulkan suatu model gangguan menggunakan relai diferensial pada transformator daya untuk sistem perlindungan via Matlab/Simulink. Simulasi ini akan dianalisis performa relai diferensial untuk transformator daya yang dijalankan terhadap gangguan internal dan eksternal. Teknik ANFIS ini dapat berkontribusi dalam proses deteksi gangguan dengan cara aman dan andal. Pelatihan ANFIS diharapkan akan dapat memecahkan permasalahan identifikasi gangguan pada transformator daya berkapasitas 25 MVA. Hasil yang diperoleh dari simulasi ini adalah dapat memberi rekomendasi yang akurat dan efisien dari teknik yang telah dikembangkan menggunakan teknik ANFIS. Hasil keluaran yang diharapkan memberikan koreksi galat yang kecil dan mendekati nilai yang baik. Dan akhirnya, dengan penerapan teknik ANFIS ini dapat memberikan peramalan pada sistem transformator daya untuk meminimalisir gangguan pada transformator daya.

**Kata kunci:** ANFIS, gangguan, galat, relai diferensial, transformator daya

### 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 memulakan operasi pemulihan. Oleh sebab itu, sistem diagnosis gangguan cerdas diperlukan cara alternatif untuk pemulihan gangguan dalam melindungi sistem dengan cara yang terbaik. ANFIS adalah sistem inferensi adaptif *neuro-fuzzy* yang berdasarkan dari teknik JST buatan berdasarkan model Takagi-Sugeno (TS). Metode ANFIS adalah menggabungkan dua metode yaitu suatu pendekatan yang akan dirancang untuk metode hibrid cerdas ini yaitu *Fuzzy Logic* (FL) dan *Neural Network* (NN).

Gabungan dari dua metode hibrid cerdas ini dikenali sebagai metode ANFIS. Ada beberapa kategori metode ANFIS yaitu berdasarkan kepada masukan pembelajaran, jaringan neural, fuzifikasi, defuzifikasi. 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 dapat dilatih dengan perkhidmatan operator minimum untuk menghitung kesesuaian peraturan *If-Then*. Penelitian ini akan membahas beberapa kajian dengan metode hibrid cerdas yang berkaitan dengan diagnosis gangguan di sistem daya listrik. Diagnosis

gangguan adalah untuk mendeteksi gangguan dalam sistem daya listrik dengan menggunakan informasi relai dan *Circuit Breaker* (CB). Jika relai dan CB gagal untuk beroperasi, maka perlindungan cadangan akan bekerja. Oleh karena itu, ia memerlukan sistem diagnosis gangguan yang berkesan untuk cara yang mungkin dihapuskan gangguan dan membantu melindungi sistem daya listrik. Diagnosis gangguan menjadi proses keputusan kompleks yang penting untuk membangunkan beberapa cara yang dapat menyediakan analisis gangguan. Ini dapat dicapai dengan sistem diagnosis gangguan untuk sistem daya sebenar menggunakan *Energy Management System* (EMS).

### Studi Pustaka

Dalam sistem penghantaran daya listrik adalah unsur yang penting untuk mencapai kesinambungan perkhidmatan elektrik dari pembangkit listrik kepada konsumen sebagai pengguna akhir. Sistem perlindungan sangat perlu digunakan untuk mendeteksi gangguan yang terjadi di sistem daya dan mengisolasi gangguan dari komponen atau peralatan perlindungan kepada sistem. Sistem perlindungan juga dapat berfungsi yang mencukupi untuk memisahkan gangguan yang terjadi. Sistem yang diusulkan beroperasi hanya menggunakan akuisisi data yang diperoleh dari gardu induk yang terdiri dari tegangan dan arus tiga fasa. Algoritma diagnosis gangguan efektif untuk memodifikasi mod operasi terjadi gangguan yang kompleks pada sistem daya listrik. Pengambilan informasi yang cacat secara otomatis akan diunggah ke pusat kendali di sistem daya listrik. Mekanisme ini dapat mengarah pada layanan informasi di pusat kendali yang hilang. Jika satu atau lebih dari relai dan CB tidak berfungsi dengan baik, maka model algoritma diperlukan untuk menilai gangguan dengan benar [1]. Teknik wavelet telah pula dikembangkan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan gangguan pada saluran transmisi selama *power swing*. Gangguan simetri ini untuk pelacakan pada saluran transmisi dalam keadaan ayunan dengan menghapus gelombang maju dan mundur pada relai [2].

Meyar telah menyajikan konsep pencari lokasi gangguan berdasarkan metode Fuzzy untuk kompensasi seri pada saluran transmisi. Algoritma menggunakan metode Fuzzy untuk lokasi gangguan yang disajikan pada kompensasi seri di saluran transmisi. Hasil simulasi telah ditentukan jarak gangguan yang dihitung dari jumlah gangguan loop yang sama dengan ukuran jarak gangguan klasik (Naimi 2012).

Wen hui juga telah menyajikan sistem diagnosis gangguan untuk saluran transmisi daya berdasarkan metode *Graph Fuzzy Logic* (GFL). Prosedur inferensi iterasi telah dikembangkan menggunakan matriks gangguan. Metode ini menyarankan model grafik modular hibrid dan teknik penalaran *Fuzzy* untuk melakukan diagnosis gangguan pada saluran transmisi listrik [3].

Azriyenni et.al dalam penelitiannya telah meneliti tentang *Backpropagation Neural Network* (BNN) untuk mendeteksi lokasi gangguan di saluran transmisi 150 kV. Relai jarak adalah salah satu peralatan perlindungan yang menjadi objek penelitiannya untuk peralatan perlindungan yang sering digunakan pada sistem transmisi daya listrik. BNN adalah model komputasi yang menggunakan proses pelatihan dapat digunakan untuk memecahkan masalah keterbatasan kerja perlindungan relai jarak. BNN pula tidak memiliki keterbatasan pengaturan rentang impedansi. Ketika output memberikan hasil yang salah, maka bobot dapat diminimalkan dan respon dari galat. Teknik BNN telah membuktikan diperoleh hasil keluaran yang lebih dekat dengan nilai yang benar. Oleh sebab itu, struktur BNN berhasil mendeteksi lokasi gangguan dan mengidentifikasi arus keluaran serta status CB yang trip [4, 5].

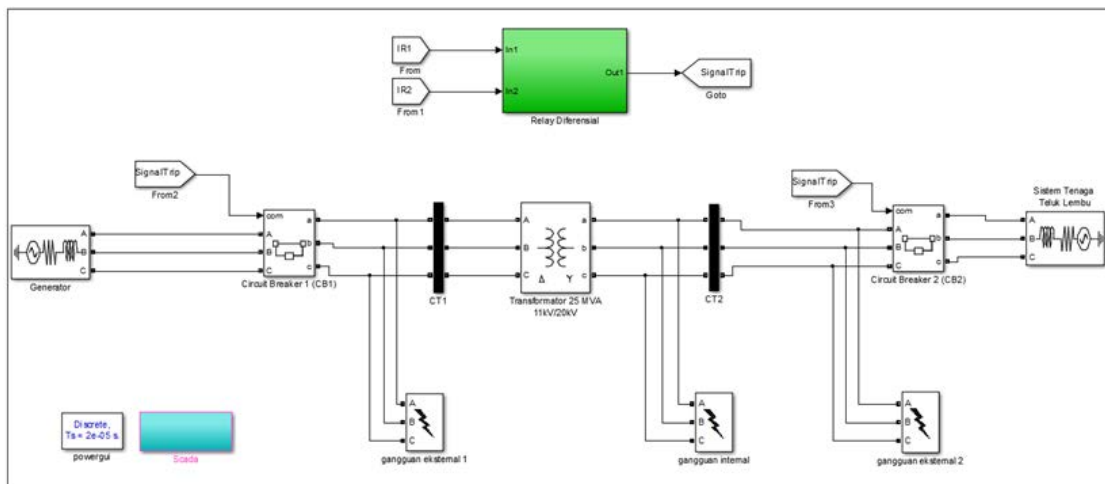
Kemudian teknik hibrid cerdas telah pula diperkenalkan dalam penelitian perlindungan transmisi daya listrik. Teknik hibrid ini adalah teknik ANFIS yang diterapkan untuk perlindungan jarak relai khususnya untuk saluran transmisi. Ketika

gangguan terjadi selama identifikasi di saluran transmisi yang disebabkan oleh gangguan yang tidak diinginkan maka pengiriman daya ke konsumen menjadi tidak berjalan dengan baik. Oleh karena itu, mereka telah memberikan alternatif solusi untuk memperbaiki masalah ini. Impedansi saluran transmisi telah menentukan berapa lama jarak saluran akan dilindungi oleh relai jarak. Hasil simulasi telah menunjukkan hasil pengujian yang sangat baik dapat berkontribusi pada algoritma alternatif yang memiliki kinerja yang baik untuk melindungi sistem di saluran transmisi [6, 7].

Dalam beberapa tahun terakhir ini, teknik cerdas merupakan metode yang sering digunakan dalam memberikan solusi alternatif untuk menyelesaikan permasalahan peramalan gangguan di sistem tenaga listrik. Artikel ini akan mengusulkan suatu pemodelan gangguan menggunakan relai diferensial untuk melindungi transformator daya via Matlab/Simulink. Performa relai diferensial juga digunakan untuk mensimulasi gangguan hubung singkat baik gangguan internal maupun eksternal. Penerapan teknik ANFIS untuk peramalan pada sistem transformator daya yang dimaksud meminimalisir gangguan internal dan eksternal pada transformator daya.

### Metodologi Penelitian

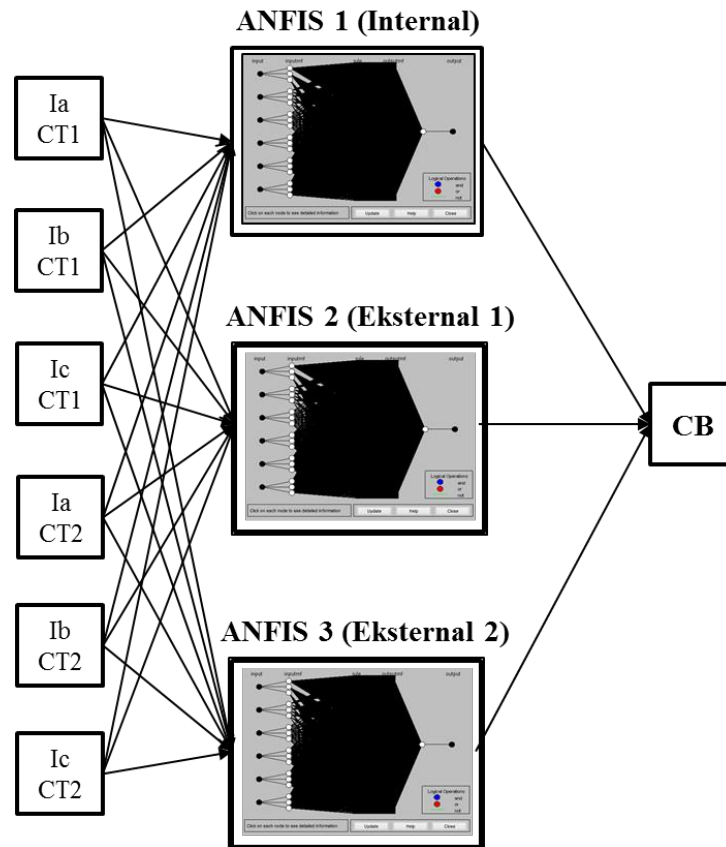
Sistem tenaga listrik adalah dimodelkan menggunakan perangkat lunak Matlab/Simulink. Sistem yang dibangun memiliki satu unit Generator, dua unit Transformator pengukuran, dan Transformator daya dengan kapasitas 25 MVA serta relai diferensial. Pemodelan sistem tenaga dan relai diferensial saat keadaan gangguan dengan menggunakan Matlab/Simulink dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan model sistem yang dibangun menggunakan relai diferensial yang akan disimulasikan saat terjadi gangguan pada transformator daya. Simulasi gangguan terjadi pada tiga titik lokasi gangguan, yaitu terdiri dari; gangguan internal, gangguan eksternal 1, dan gangguan eksternal 2. Setiap gangguan akan disimulasikan dengan jenis gangguan hubung singkat yaitu; gangguan satu fasa ke tanah (ag), dua fasa ke tanah (bcg), fasa-fasa (bc), dan tiga fasa (abc).



Gambar 1. Model transformator daya via Matlab/Simulink

Gangguan internal adalah lokasi gangguan yang berada dalam zona proteksi dari relai diferensial yang dibatasi antara  $CT_1$  dan  $CT_2$ . Gangguan eksternal adalah lokasi gangguan yang berada di luar zona proteksi diferensial yaitu di luar  $CT_1$  dan  $CT_2$ . Gangguan eksternal 1 adalah disimulasikan terjadi sebelum  $CT_1$ . Gangguan eksternal 2 adalah disimulasikan setelah  $CT_2$ . Desain ini bertujuan untuk merancang dua gangguan eksternal untuk meningkatkan kinerja relai diferensial. Durasi simulasi gangguan yang

dijalankan dalam simulasi ini adalah 0,2 detik. Jadi waktu gangguan dimulai pada  $(2/50) \cdot 0,2 = 0,04$  detik, maka gangguan terjadi pada 0,04 detik. Pengaturan fungsi keanggotaan menggunakan Gbell dengan cara masukan MF [3 3 3 3 3]. Gambar 2 menunjukkan struktur ANFIS memiliki enam masukan. Keenam masukan ini adalah terdiri dari arus gangguan pada CT<sub>1</sub> dan CT<sub>2</sub> yaitu; Ia, Ib, Ic. Masukan fungsi keanggotaan adalah masing-masing tiga fungsi keanggotaan, maka jumlah keseluruhan fungsi keanggotaan adalah 18. Untuk aturan fuzzy yang dijalankan sebanyak 729 untuk *Input Membership Function* (IMF) dan *Output Membership Function* (OMF) serta target keluaran yaitu 1.



Gambar 2. Model struktur ANFIS untuk sistem transformator daya

### Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dijelaskan hasil simulasi gangguan dalam dan diluar daerah perlindungan untuk kerja relai diferensial. Setelah simulasi gangguan ini dijalankan via perangkat lunak, maka hasil data ini akan dijadikan masukan untuk data pelatihan untuk metode ANFIS seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan hasil simulasi gangguan pada transformator daya 25 MVA yang dijalankan dengan berbagai jenis dan lokasi gangguan. Kemudian simulasi tersebut menghasilkan data hubung singkat yang akan dijadikan sebagai data masukan dari ANFIS. Data gangguan hubung singkat yang dijalankan yaitu pada gangguan internal, eksternal 1, dan eksternal 2. Data ini akan di jadikan masukan untuk pemodelan ANFIS. Data perolehan simulasi gangguan tersebut pada model transformator daya untuk menjadi data pelatihan dan pengujian oleh ANFIS. Data telah dilatih dan diuji menggunakan ANFIS, semakin banyak iterasi yang dijalankan maka tingkat kesalahan akan semakin kecil. Untuk menganalisis masing-masing kelompok masukan ANFIS, maka telah dijalankan dengan dua fungsi keanggotaan yaitu;



Gbell dan segitiga. Hasil ini dapat meningkatkan akurasi dari teknik ANFIS dan untuk memberikan rekomendasi yang bagus pada transformator daya.

Tabel 1. Data Masukan ANFIS Untuk Simulasi Gangguan Hubung Singkat

Jenis Gangguan	Gangguan	Arus CT <sub>1</sub> (Ampere)			Arus CT <sub>2</sub> (Ampere)			CB
		a	b	c	a	b	c	
ag	Internal	1753,788	1258,317	595,200	4143,470	395,265	734,939	1
bcg		998,600	1377,215	1789,889	555,582	2984,624	3526,392	1
bc		432,497	1398,640	1789,890	327,332	2258,289	2575,818	1
abc		2636,700	2460,660	1789,889	4144,438	2985,005	3527,691	1
ag	Eksternal 1	2072,550	1524,915	668,710	1138,776	327,340	843,791	0
bcg		1042,780	2361,103	2464,134	780,413	1520,751	990,807	0
bc		595,185	2107,809	2683,976	492,057	1520,751	1037,604	0
abc		4072,786	3614,873	2939,647	2243,474	1520,751	2003,175	0
ag	Eksternal 2	1753,786	1258,317	595,197	946,626	359,280	734,954	0
bcg		998,600	1377,215	1789,889	555,598	906,463	831,645	0
bc		998,497	1398,639	1789,889	327,350	1011,142	696,765	0
abc		2636,698	2460,660	1789,889	1490,458	1059,754	1260,205	0

Data pelatihan ANFIS untuk gangguan internal, eksternal 1, dan eksternal 2 yang dijalankan menggunakan Matlab yaitu dengan kombinasi gangguan internal & eksternal 1, internal & eksternal 2, dan internal, eksternal 1 & internal 2 seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Inisialisasi nilai awal untuk teknik ANFIS dijalankan untuk pelatihan data. Hasil pelatihan dimulai data latih pada iterasi 30, 50, 80, 100, 130, 150, 180, 200, dan 230. Pengamatan nilai kesalahan pada setiap iterasi pelatihan data yang dijalankan sebanyak tujuh kali tahapan. Analisis kesalahan yang dijalankan pada setiap tahapan dengan dihasilkan nilai kesalahan paling rendah yaitu pada iterasi 200 dengan nilai kesalahan sebesar 0,00000085893.

Tabel 2. Hasil Pengujian ANFIS Untuk Variasi Gangguan

Data Input ke-n	Jenis Gangguan	Lokasi Gangguan	Target	Internal & Eksternal 1	Internal & Eksternal 2	Internal, Eksternal 1, dan Eksternal 2
				Keluaran ANFIS	Keluaran ANFIS	Keluaran ANFIS
1	ag	Internal	1	1	1	1
2	bcg		1	1	1	1
3	bc		1	1	1	1
4	abc		1	1	1	1
5	ag	Eksternal 1	0	0	-	0
6	bcg		0	0	-	0
7	bc		0	0	-	0
8	abc		0	0	-	0
9	ag	Eksternal 2	0	-	0	0
10	bcg		0	-	0	0
11	bc		0	-	0	0
12	abc		0	-	0	0
RMSE				0	0	0

Tabel 2 adalah menunjukkan tingkat akurasi ANFIS dapat dihitung dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE adalah nilai akar rata-rata kuadrat terkecil kesalahan dari suatu simulasi, dimana  $y_i$  adalah nilai target aktual,  $y_i'$  adalah nilai keluaran prediksi, dan n adalah jumlah data. Adapun persamaan RMSE adalah sebagai berikut:

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

Sebelum menghitung nilai RMSE, maka terlebih dahulu menghitung nilai persen kesalahan dengan cara menghitung selisih nilai target actual dengan nilai keluaran ANFIS dan dibagi nilai aktual. Teknik ANFIS untuk mengamankan transformator daya menggunakan relai diferensial menghasilkan peramalan gangguan yang dapat dikatakan baik, karena nilai RMSE yang sangat kecil. Analisis ini dapat dikatakan bahwa semakin kecil nilai RMSE maka semakin besar pula tingkat keberhasilan penerapan teknik ANFIS.

### Kesimpulan

Teknik ANFIS telah diterapkan untuk prediksi gangguan pada transformator daya 25 MVA dengan data arus hubung singkat. Beberapa fungsi keanggotaan ANFIS dijalankan yaitu jenis Gbell, segitiga untuk mencapai target kesalahan yang paling kecil. Pada data masukan untuk gangguan internal dan eksternal 1 diperoleh target kesalahan mencapai iterasi ke 180 untuk fungsi keanggotaan Gbell. Pada data masukan gangguan internal dan eksternal 2, target kesalahan sudah tercapai pada iterasi ke 200 untuk fungsi keanggotaan Gbell. Untuk data gangguan internal, eksternal 1, dan eksternal 2, target kesalahan sudah tercapai pada kedudukan iterasi 130 dengan fungsi keanggotaan Gbell. Berdasarkan hasil kesalahan dapat disimpulkan bahwa semakin besar jumlah iterasi

maka kesalahan yang dihasilkan semakin kecil. ANFIS relai diferensial dapat memprediksi jenis gangguan pada nilai RMSE terbukti akurat.

### Daftar pustaka

Zhangjun Gao, Q.C., Lu Shi, *Power System Fault Diagnosis Based on Power Grid*, in *Developments in Power Systems Protection*. 2012: 11th International Conference.

Chengzon Pang, M.L.K., *Fast Distance Relay Scheme fo Detecting Symmetrical Fault During Power Swing*. IEEE Transactions on Power Delivery, 2010. **25**(4): p. 2205-2212.

Hui, W., *Online Fault Diagnosis for Power Transmission Networks Using Fuzzy Graph Models*. IEEE Transactions on Power Delivery, 2012 **27**(2): p. 688-698.

Azriyenni, M.W.M., Dian Yayan Sukma, Missi Ebta Dame *Backpropagation Neural Network Modeling for Fault Location in Transmission Line 150 kV* Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEEL) 2014. **2**(1): p. 1-12.

Azriyenni, M.E.D., *Pemodelan Struktur Teknik Cerdas Untuk Sistem Proteksi Rele Jarak*. SINERGI 2017. **21**(1): p. 31-38

Mustafa, A.M.W., *Application of ANFIS for Distance Relay Protection in Transmission Line* International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) 2015. **5**(6): p. 1311-1318.

Redy H.K, D.K.M., *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Approach for Transmission Line Fault Classification and Location Incorporation Effect of Power Swing*. Generation, Transmission & Distribution IET, 2008. **2**(2): p. 235-244.