

SETTING RELE JARAK PADA SISTEM SUTT 150 KV GI KAPAL – GI PADANG SAMBIAN MENGGUNAKAN METODE ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)

M. Nordiansyah,¹ I.G.D Arjana,² W. Setiawan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: didix_cyber@yahoo.com¹, dyanaarjana@ee.unud.ac.id², widyadi@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

Sistem proteksi pada saluran transmisi mempunyai peranan yang sangat penting untuk mengamankan saluran transmisi dari gangguan yang terjadi, salah satu jenis pengaman utama yang digunakan adalah rele jarak. Berbagai metode dapat digunakan untuk mendapatkan nilai *setting* rele jarak, salah satunya adalah dengan metode ANFIS. Metode ANFIS digunakan untuk mendapatkan nilai *setting* rele jarak pada sistem SUTT 150 kV GI Kapal - GI Padang Sambian. Struktur ANFIS yang dilatih menggunakan model ANFIS Takagi-Sugeno, dengan 3 jenis fungsi keanggotaan, serta dengan 2 dan 3 *fuzzy set* untuk masing-masing jenis fungsi keanggotaan. Pemodelan pasangan data masukan-keluaran yang digunakan adalah pemodelan dengan masukan 1 data pelatihan, dan masukan 3 data pelatihan untuk 1 data target. Berdasarkan simulasi peramalan *nilai setting* rele jarak yang dilakukan, menghasilkan MAPE peramalan ANFIS untuk masukan 1 data pelatihan sebesar 5,671 %, sedangkan nilai MAPE yang dihasilkan dari masukan 3 data pelatihan dengan 1 data target menghasilkan nilai MAPE sebesar 0,377 %.

Kata Kunci : Rele Jarak, *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS), *Setting* Rele Jarak

1. PENDAHULUAN

Peranan jaringan transmisi antar gardu induk sangat penting guna mendistribusikan daya listrik ke konsumen. Transmisi jaringan listrik mengalami berbagai gangguan, seperti gangguan hubung singkat baik hubung singkat antar fasa maupun fasa dengan tanah. Rele pengaman dipasang untuk mengamankan peralatan listrik dari gangguan tersebut, salah satu rele pengaman yang digunakan adalah rele jarak. Rele jarak pada saluran transmisi digunakan untuk melindungi saluran dan peralatan dengan cara menghilangkan gangguan yang terjadi secara cepat dan tepat [1].

Rele jarak (*distance relay*) merupakan rele pengaman utama (*main protection*) yang digunakan untuk meningkatkan keamanan, stabilitas serta kontinuitas pada sistem SUTT/SUTET [2]. Rele jarak menggunakan pengukuran tegangan dan arus untuk mendapatkan impedansi saluran (Z) yang harus diamankan [3]. Besaran impedansi saluran (Z), dibagi menjadi 3 daerah cakupan yaitu yaitu Zona 1, Zona 2, dan Zona 3.

Jaringan transmisi antara GI Kapal-GI Padang Sambian merupakan salah satu jaringan transmisi di Bali. Nilai *setting* rele jarak pada sistem SUTT 150 kV GI Kapal-GI Padang Sambian telah ditentukan oleh PLN. Berdasarkan nilai *setting* rele yang telah ditentukan oleh PLN, maka akan dilakukan penelitian untuk mendapatkan nilai *setting* rele jarak menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). ANFIS merupakan jaringan adaptif yang berbasis pada sistem inferensi *fuzzy* [4].

Metode ANFIS dipilih karena metode ini memiliki semua kelebihan yang dimiliki oleh sistem inferensi *fuzzy* dan sistem jaringan syaraf tiruan [5]. Metode ANFIS merupakan gabungan dari metode jaringan syaraf tiruan dan *Fuzzy Inference System* (FIS). Pemodelan dengan metode ini diharapkan akan memperoleh nilai *setting* rele jarak dengan hasil yang lebih akurat.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan analisis untuk mendapatkan nilai *setting* rele jarak pada sistem SUTT 150 kV GI Kapal - GI

Padang Sambian menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Rele jarak (*Distance Relay*)

Rele jarak digunakan sebagai pengaman utama (*main protection*) pada SUTT/SUTET dan sebagai *backup* untuk seksi di depan. Rele jarak bekerja menggunakan pengukuran tegangan dan arus untuk mendapatkan impedansi saluran yang harus diamankan. Jika impedansi yang terukur di dalam batas *setting*-nya, maka rele akan bekerja. Rele ini disebut rele jarak karena besarnya impedansi pada saluran akan sebanding dengan panjang saluran yang diamankan [3].

2.2 Prinsip Kerja Rele Jarak

Rele jarak mengukur tegangan pada titik rele dan arus gangguan yang terlihat dari rele, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat di tentukan. Perhitungan impedansi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [6]:

$$Z_f = V_f / I_f \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

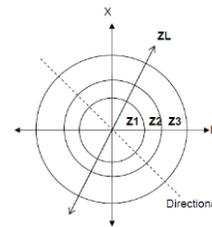
- Z_f = Impedansi (Ω)
- V_f = Tegangan (Volt)
- I_f = Arus gangguan (Ampere)

2.3 Jenis dan Karakteristik Rele Jarak

Berdasarkan karakteristik kerjanya, rele jarak dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Karakteristik Impedansi

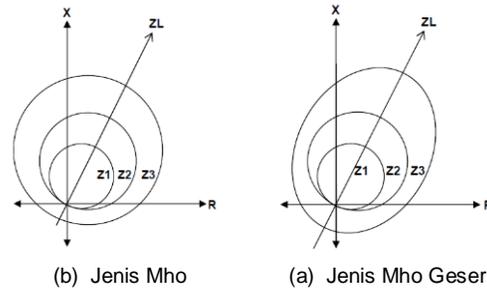
Rele jenis ini mempunyai lingkaran dengan titik pusatnya di tengah-tengah. Kelemahan rele jenis ini yaitu tidak berarah (*non directional*), sehingga ketika digunakan sebagai pengaman SUTT perlu ditambahkan rele arah (*directional*). Rele akan bekerja untuk gangguan di depan dan di belakang rele [3]. Gambar 1 menunjukkan daerah kerja untuk masing-masing zona (Z_1 , Z_2 , dan Z_3) yang diamankan.



Gambar 1 Karakteristik Impedansi

2. Karakteristik Mho

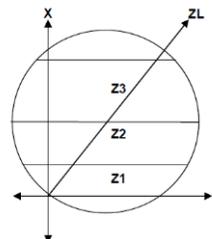
Pada rele jenis ini titik pusatnya bergeser sehingga sudah berarah (bersifat *directional*), sehingga pada rele jenis ini tidak perlu ditambahkan elemen penyearah karena rele hanya akan mengamankan gangguan di depannya [3]. Namun rele jenis ini memiliki keterbatasan untuk mengantisipasi gangguan tanah *high resistance*.



Gambar 2 Karakteristik Mho

3. Karakteristik Reaktansi

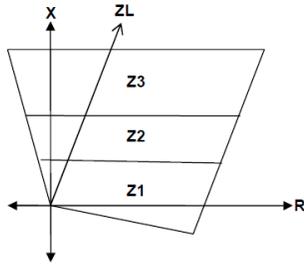
Pada rele jenis reaktansi, impedansi yang dilihat rele tidak memperhatikan adanya tahanan busur, karena dianggap tahanan busur untuk berbagai gangguan hampir sama. Rele ini hanya untuk mengukur komponen reaktif dari impedansi jaringan [3]. Karakteristik rele jenis ini mempunyai sifat *non directional*. Dengan seting jangkauan resistif cukup besar maka rele reaktansi dapat mengantisipasi gangguan tanah dengan nilai tahanan yang tinggi.



Gambar 3 Karakteristik Reaktansi dengan *Starting Mho*

4. Karakteristik Quadrilateral

Rele jenis ini merupakan kombinasi dari 3 macam komponen yaitu : reaktansi, resistif dan berarah (*directional*). Dengan seting jangkauan resistif cukup besar maka karakteristik rele quadrilateral dapat mengantisipasi gangguan tanah dengan tahanan tinggi. Namun pada umumnya kecepatan rele lebih lambat dari jenis mho.



Gambar 5 Karakteristik Quadrilateral

2.4 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan penggabungan dari mekanisme *fuzzy inference system* yang digambarkan dalam arsitektur jaringan saraf. Metode ANFIS sangat baik diterapkan dalam berbagai bidang karena memiliki keunggulan yang dimiliki oleh metode *fuzzy inference system* dan teknik pembelajaran dari jaringan saraf tiruan. Sistem inferensi fuzzy yang digunakan adalah *fuzzy inference system* model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi.

2.4.1 Asitektur Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Arsitektur ANFIS diasumsikan hanya mempunyai dua masukan (X_1 dan X_2), serta satu keluaran (Y). Pada model Sugeno orde satu, himpunan aturan menggunakan kombinasi linier dari *input-input* yang ada yang dapat diekspresikan sebagai berikut:

- Rule 1 : IF x_1 is A_1 AND x_2 is B_1 THEN $Y_1 = p_1x_1 + q_1x_2 + r_1$
premise consequent
- Rule 2 : IF x_1 is A_2 AND x_2 is B_2 THEN $Y_2 = p_2x_1 + q_2x_2 + r_2$
premise consequent

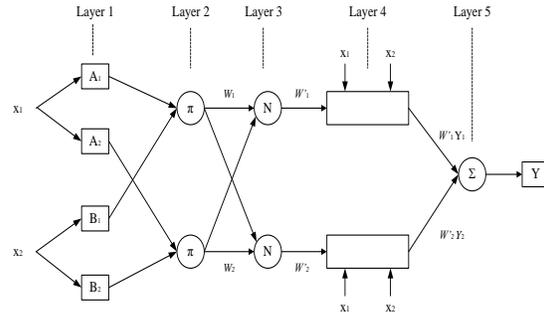
Input : x_1 dan x_2 .

Consequent-nya adalah Y .

Mekanisme penalaran pada model ini adalah :

$$Y = \frac{w_1 Y_1 + w_2 Y_2}{w_1 + w_2} = \bar{w}_1 + \bar{w}_2 \dots \dots \dots (2)$$

Gambar 6 menunjukkan arsitektur ANFIS yang digunakan dalam persamaan diatas :



Gambar 6 Arsitektur ANFIS

Fungsi masing-masing *layer* dapat dijelaskan sebagai berikut [7]:

1. Layer 1

Berfungsi sebagai proses *fuzzyfication*. Setiap *node* pada *layer* ini bersifat *adaptive* dengan *output* :

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(X_1), \quad i = 1,2 \dots \dots \dots (3)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_i}(X_2), \quad i = 3,4 \dots \dots \dots (4)$$

X merupakan nilai *input* dan A_i atau B_i merupakan himpunan *fuzzy*. Masing-masing *node* pada *layer* 1 berfungsi untuk membangkitkan derajat keanggotaan.

2. Layer 2

Layer ini berfungsi untuk menghitung kekuatan aktivasi (*firing strength*) pada setiap *rule* sebagai hasil dari semua *input* yang masuk, dan dilambangkan dengan π :

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x_1) \Delta \mu_{B_i}(x_2), \quad i = 1,2 \dots (5)$$

Sehingga persamaannya menjadi :

$$w_1 = \mu_{A1}(x_1) \text{ dan } \mu_{B1}(x_2) \dots \dots \dots (6)$$

$$w_2 = \mu_{A2}(x_1) \text{ dan } \mu_{B2}(x_2) \dots \dots \dots (7)$$

3. Layer 3

Setiap *node* pada lapisan ini bersifat *non-adaptif* yang berfungsi hanya untuk menghitung rasio antara kekuatan aktivasi pada *rule* ke- i terhadap total aktivasi dari semua *rule*:

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1,2 \dots \dots \dots (8)$$

Output dari *layer* ini disebut *normalized firing strength*.

4. Layer 4

Setiap *node* pada lapisan ini bersifat *adaptif* dengan persamaan :

$$O_{4,i} = \bar{w}_i Y_i = \bar{w}_i (p_i x_1 + q_i x_2 + r_i) \dots \dots \dots (9)$$

Dimana \bar{w}_i adalah *output* dari *layer* 3 dan $\{p_i x_1 + q_i x_2 + r_i\}$ adalah himpunan parameter pada *fuzzy* model Sugeno orde pertama.

5. Layer 5

Layer ini merupakan *node* tunggal yang dilambangkan Σ . *Layer* ini berfungsi untuk mengagregasikan seluruh *output* dari *layer* 4, dengan persamaan :

$$O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_i Y_i = \frac{\sum_i w_i Y_i}{\sum_i w_i} \dots\dots\dots (10)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data-data yang berkaitan dengan penelitian berupa data impedansi penghantar sistem Bali, data setting rele *distance* di wilayah APP Bali, serta Data Teknis rele jarak merk Quadramho SHPM 101.
2. Menyiapkan data data setting rele *distance* di wilayah APP Bali yang akan digunakan sebagai sampel data dalam pemodelan *neuro-fuzzy* yakni dengan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*.
3. Membagi data menjadi dua bagian, yaitu *training set* dan *validation set*. Data *training set* dipergunakan untuk pelatihan dan data *validation set* digunakan untuk memvalidasi keluaran *output fuzzy*.
4. Memodelkan data latih dengan menyusun data masukan yang berupa data historis menjadi suatu pasangan data masukan dan keluaran. Data masukan berupa *setting* rele jarak selama 3 tahun terakhir, yakni tahun 2010-2012. Bentuk data masukan dan keluaran menjadi sebuah matriks. Data masukan yang digunakan terdiri dari 2 variasi data masukan pelatihan dengan 1 data keluaran. Tabel 1 menunjukkan masukan 1 data pelatihan untuk 1 data target, sedangkan tabel 2 menunjukkan masukan 3 data pelatihan untuk 1 data target, sebagai berikut :

Tabel 1 Pasangan Data Masukan-Keluaran dengan Masukan 1 Data Pelatihan

Data Pelatihan	Data Target
X ₁	Y

Tabel 2 Pasangan Data Masukan-Keluaran dengan Masukan 3 Data Pelatihan

Data Pelatihan			Data Target
X ₃	X ₂	X ₁	Y

5. Berdasarkan pasangan data masukan dan target yang ada, akan dilakukan penentuan jumlah *epoch* dan fungsi keanggotaan yang digunakan. Jumlah *epoch* yang digunakan ditentukan berdasarkan pelatihan menggunakan 3 jumlah *epoch* yang berbeda.
6. Validasi output peramalan ANFIS. Validasi *output* peramalan dilakukan dengan cara menghitung MAPE (*Mean Absolut Percentage Error*) peramalan yang dihasilkan menggunakan persamaan :

$$Selisih (\Omega) = Rele \text{ Aktual} - Rele \text{ ANFIS} \dots\dots\dots (11)$$

$$Error (\%) = \left| \frac{Rele \text{ Aktual} - Rele \text{ ANFIS}}{Rele \text{ Aktual}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

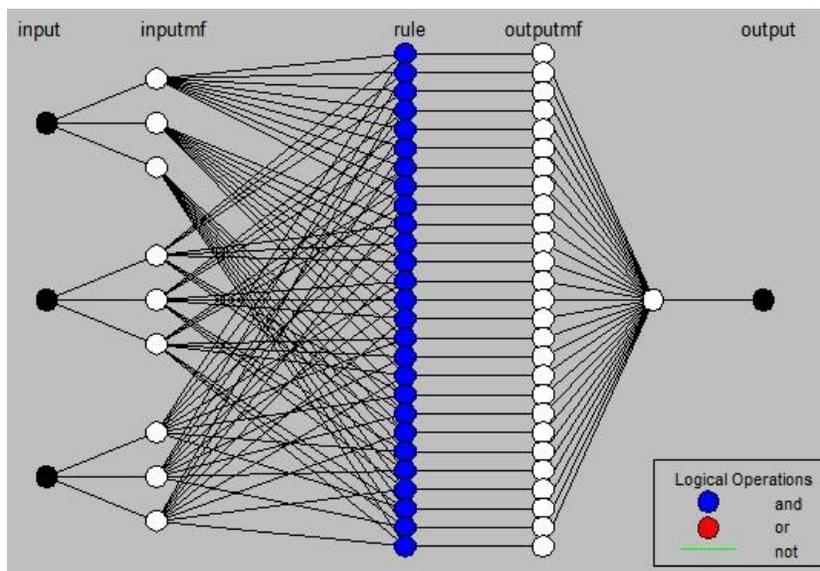
$$MAPE (\%) = \frac{\sum Error \text{ Selisih} (\%)}{Jumlah \text{ Data}} \dots\dots\dots (13)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Akurasi Setting Rele Jarak menggunakan Pemodelan ANFIS

Pemodelan ANFIS dengan masukan 1 data pelatihan dan 3 data pelatihan untuk 1 data target dirancang dalam menentukan nilai setting rele jarak pada sistem SUTT 150 kV GI Kapal-GI Padang Sambian. Variasi data masukan yang digunakan bertujuan untuk membandingkan pemodelan terbaik. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah tipe *Gbell* dengan 3 *fuzzy set* dengan *epoch* sebanyak 305 kali.

Hasil nilai *setting* rele jarak menggunakan ANFIS *Toolbox* dengan masukan 1 data pelatihan untuk 1 data target dan dengan masukan 3 data pelatihan untuk 1 data target dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 7 Struktur Model ANFIS dengan 3 Data Pelatihan

Tabel 3 Hasil Peramalan *Setting Rele Jarak* dengan 1 Data Pelatihan dan 3 Data Pelatihan

No.	Setting Rele Jarak Aktual (Ω)	Setting Rele Jarak dengan 1 Masukan (Ω)	Setting Rele Jarak dengan 3 Masukan (Ω)	Error dengan 1 Masukan (%)	Error dengan 3 Masukan (%)
1	0,770	0,8518	0,770	10,62337662	0,88312
2	1,334	1,4278	1,334	7,031484258	0,997
3	1,54	1,6469	1,540	6,941558442	0,51948
4	1,260	1,0563	1,260	16,16666667	0,96032
5	2,182	2,2455	2,182	2,910174152	0,00458
6	2,52	2,4342	2,520	3,404761905	0,00397
7	2,030	1,9631	2,030	3,295566502	0,02463
8	3,516	3,5334	3,516	0,494880546	0
9	4,06	5,0529	4,060	0,174876847	0
MAPE (%)				5,671482882	0,37701

Berdasarkan tabel 3, terlihat bahwa *error* selisih peramalan dengan masukan 1 data pelatihan untuk 1 data target menghasilkan nilai *error* yang cukup besar, dengan MAPE sebesar 5,671482882 %. Sedangkan *error* selisih yang dihasilkan dari masukan 3 data pelatihan untuk 1 data target data pelatihan untuk 1 data target menghasilkan nilai *error* sebesar 0,37701 %

5. SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut :

1. Bentuk pemodelan terbaik dari metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk peramalan nilai *setting rele jarak* pada sistem SUTT 150 kV GI Kapal – GI Padang Sambian, baik dengan masukan 1 data pelatihan dengan 1 data target dan masukan 3 data pelatihan dengan 1 data target adalah pemodelan dengan menggunakan fungsi keanggotaan tipe *Gbell* dengan 3 fuzzy set dan *training epoch* sebanyak 305 kali.
2. Akurasi peramalan *setting rele jarak* menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) dengan

pemodelan ANFIS menggunakan masukan 3 data pelatihan untuk 1 data target lebih baik dibandingkan dengan pemodelan ANFIS menggunakan masukan 1 data pelatihan untuk 1 data target. Hal ini dikarenakan semakin banyak data pelatihan yang digunakan, maka hasil peramalan yang diperoleh pun akan semakin baik.

3. Berdasarkan hasil peramalan *setting* rele jarak pada sistem SUTT 150 kV GI Kapal – GI Padang Sambian menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS), dapat dilihat bahwa terdapat *error* peramalan (MAPE) untuk masukan 1 data pelatihan dengan 1 data target dengan nilai MAPE sebesar 5,671 %. Sedangkan nilai MAPE yang dihasilkan dari masukan 3 data pelatihan dengan 1 data target menghasilkan nilai MAPE sebesar 0,377 %. Hal ini dikarenakan semakin banyak data pelatihan yang digunakan, sehingga peramalan *setting* rele jarak semakin baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar A, Kuwahara S. Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik II. Pradnya Paramita: Jakarta. 2004.
- [2] Sugiarto, dkk. Pengenalan Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Semarang: PT. PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan unit Diklat Semarang. 2007.
- [3] Tobing CNH. Rele Jarak sebagai Proteksi Saluran Transmisi. Depok: Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 2008.
- [4] Widodo TS. Sistem Neuro Fuzzy untuk Pengolahan Informasi, Pemodelan, dan Kendali. Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2005.
- [5] Widyapratwi LK. Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek di Bali menggunakan Pendekatan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS). Tugas Akhir. Jimbaran: Universitas Udayana. 2012.
- [6] Jemjem, Syofvi. Pelatihan Perhitungan & Koordinasi Setelan Relai Proteksi. Jakarta: PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali. 2006.
- [7] Suyanto. Soft Computing : Membangun Mesin Ber-IQ Tinggi. Bandung: Informatika. 2008.