

PEMANTAUAN GANGGUAN PADA SALURAN TRANSMISI BERBASIS TITIK KOORDINAT MENARA

Wenny Dwi Tristiany¹⁾, Azriyenni²⁾

¹⁾²⁾ Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: wenny.dwi@student.unri.ac.id; azriyenni@eng.unri.ac.id

ABSTRACT

This research uses an Artificial Neural Network (ANN) method to estimate fault location based on the coordinate point. The 150 kV transmission system is modeled using the Matlab R2016a software. The modeled transmission system is the transmission from Koto Panjang (KP) bus to Garuda Sakti (GS) bus in Riau Province with 64,11017 Km length. Min – max normalization method is used to process the peak value of the voltage phase (V_A , V_B , V_C), current (I_A , I_B , I_C) and zero sequence current (I_{NOL}). ANN estimation is used to estimate the coordinate point of fault that occurs on electrical transmission line. The training and testing data are generated by simulating each type of short circuit in Matlab/Simulink R2016a with variation of fault location. Variation of fault location are based on distance of tower from the KP bus. The obtained result from 10 ANN estimation testing are coordinate point estimation in latitude and longitude form. The ANN model that has smallest average error percentage is the ACG fault ANN model, which is 0,004013 % and the largest is the ABG fault ANN model, which is 0,78527 %. The output of the ANN estimation then denormalized and plotted to the actual map using ArcMap 10.4.1.

Keywords: ArcMap, Artificial neural network, Coordinate point, Matlab, Short circuit, Simulink, Transmission line

I. PENDAHULUAN

Pemantauan berbasis jarak akan menghasilkan angka dalam satuan panjang yang biasanya dalam saluran transmisi berupa kilometer (Km), sedangkan titik koordinat akan menunjukkan hasil berupa sistem koordinat geografis berdasarkan garis lintang dan bujur. Objek pada artikel ini adalah saluran transmisi Bus Koto Panjang-Garuda Sakti (KP-GS) yang berjarak 64,11017 Km. Sepanjang salurannya memiliki tiang penyangga sebanyak 199, yang memiliki jarak berkisar 200-390 m antar tiangnya. Data ini akan digunakan untuk membuat simulasi pemodelan sistem saluran transmisi dengan gangguan diberbagai lokasi gangguan.

Hasil dari simulasi tersebut yang berupa tegangan dan arus puncak masing-masing fasa akan menjadi masukan untuk JST. Kemudian data dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian. Data pelatihan berguna untuk membentuk bobot yang baik agar mengenali pola, sedangkan data pengujian bertujuan untuk menguji keberhasilan JST dalam menghasilkan bobot yang baik dan mampu mengenali pola yang telah dilatih sebelumnya. Keluaran JST artikel ini merupakan

titik koordinat yang akan menunjukkan lokasi gangguan, yang akan ditunjukkan dalam peta sesungguhnya melalui aplikasi ARCGIS/ArcMap 10.4.1. Berikut ini beberapa artikel yang membahas tentang pengembangan estimasi lokasi gangguan pada saluran transmisi.

Sai Sowmya Nagam, dkk, mendesain Jaringan Saraf Tiruan (JST) dan *Statistic Synchronous Compensator* (STATCOM) untuk menentukan lokasi gangguan pada saluran transmisi sirkuit ganda, yang akan diletakkan pada titik tengah salah satu saluran. Saluran transmisi sepanjang 300 Km dengan tegangan sebesar 500 kV serta frekuensinya bernilai 60 Hz akan diobservasi dalam berbagai kondisi gangguan, maupun dalam kondisi normal atau tidak adanya gangguan. Tegangan fundamental dan sinyal arus pada ujung saluran akan diekstraksi menggunakan Transformasi *Fourier* Diskrit, lalu akan dilatih oleh JST dengan algoritma Levenberg Marquardt. Setelah itu data akan diuji di berbagai kondisi gangguan untuk menentukan *error* dalam menentukan lokasi gangguan (kurang dari 1%) (Sai Sowmya Nagam, 2017).

Selanjutnya Uma Uzubi, dkk, mendeteksi, mengklasifikasi, dan melakukan estimasi lokasi gangguan dengan JST pada saluran transmisi Nigeria yang berkapasitas 132 kV, yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja rele berbasis JST yang terhubung pada kedua ujung saluran menggunakan algoritma *back-propagation* dan topologi jaringan Levenberg Marguardt. Data gangguan dari kedua ujung saluran akan dihasilkan oleh *software* PSCAD/EMTP, lalu dimasukkan ke saluran yang sama menggunakan sumber tegangan 132 kV yang berbeda dengan beberapa variasi sudut awal, lokasi, dan resistansi gangguan. Arus gangguan akan diekstraksi dan diproses kemudian data tersebut akan dilatih serta diuji dengan *software* Matlab/Simulink. Hasil akan divalidasi menggunakan data sebenarnya yang diekstraksi dari relai yang berbasis mikroprosesor yang terhubung dengan saluran transmisi 132 kV. Hasil tersebut akan menunjukkan kemampuan JST untuk mengidentifikasi, mengklasifikasi, dan melakukan estimasi lokasi gangguan sebenarnya dengan akurasi tinggi (Uma Uzubi, 2017).

Kemudian pula, Ahmed Sabri Altaie dan Johnson Asumadu, melakukan artikel untuk menemukan gangguan pada saluran transmisi tegangan tinggi menggunakan algoritma lokalisasi gangguan. Pertama, lokasi gangguan dilakukan menggunakan metode konvensional Hukum Ohm. Lalu algoritmanya akan diimplementasikan dengan menggabungkan beberapa golongan bersama dengan JST. Sumber masukan data berasal dari perangkat meteran yang sampelnya diambil menggunakan teknik DST, kemudian data tersebut akan dilatih oleh JST untuk menemukan lokasi gangguan yang akan mengurangi waktu pemadaman dan meminimalkan biaya perbaikan. Semua jenis dan lokasi gangguan yang dipertimbangkan akan diuji untuk memverifikasi algoritma yang diusulkan. Metode validasi dilakukan dengan tipe variasi data jaringan sebenarnya yang disimpan di Matlab/Simulink (Ahmed Sabri Altaie, 2017).

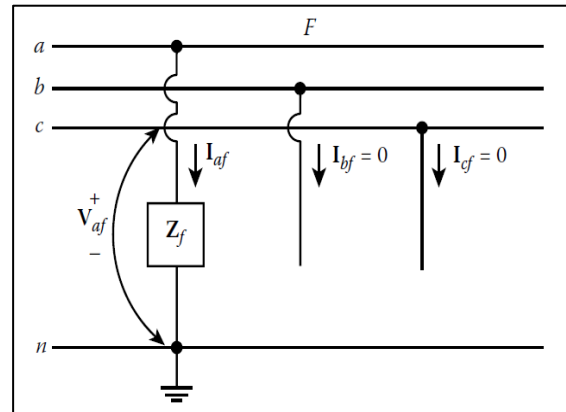
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan model JST yang dapat melakukan estimasi titik koordinat lokasi gangguan hubung singkat pada saluran transmisi dan menampilkan titik koordinat keluaran JST pada ArcMap 10.4.1.

Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat berupa gangguan hubung singkat simetris dan gangguan hubung singkat tidak simetris. Jenis – jenis

gangguan hubung singkat tersebut adalah sebagai berikut :

a. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

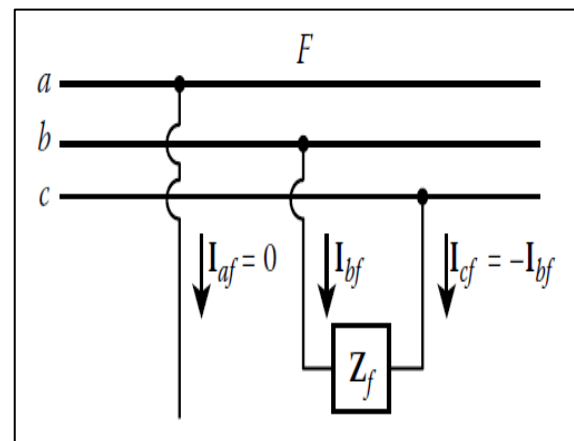


Gambar 1. Diagram segaris gangguan satu fasa ke tanah (Gönen, 2014).

Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dapat didefinisikan sebagai Persamaan 1 (Gönen, 2014).

$$i_{a1} = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f} \quad (1)$$

b. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

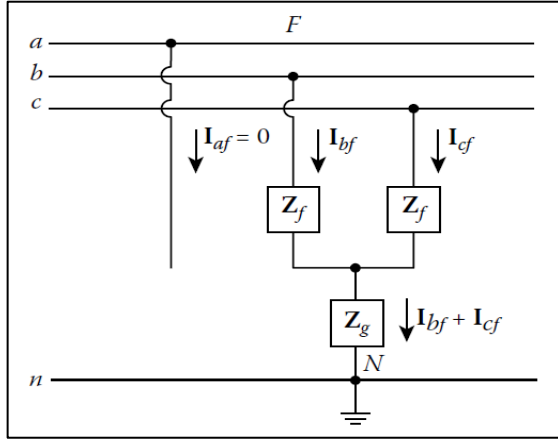


Gambar 2. Rangkaian diagram segaris gangguan dua fasa (Gönen, 2014).

Arus gangguan hubung singkat antar fasa dapat didefinisikan sebagai Persamaan 2 (Gönen, 2014).

$$i_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (2)$$

c. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah

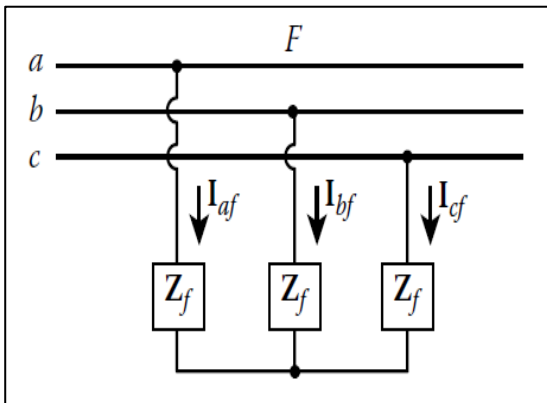


Gambar 3. Rangkaian diagram segaris gangguan dua fasa ke tanah (Gönen, 2014).

Arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah dapat didefinisikan sebagai Persamaan 3 (Gönen, 2014).

$$i_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + \frac{Z_2(Z_0 + 3Z_f)}{(Z_2 + Z_0 + 3Z_f)}} \quad (3)$$

d. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa



Gambar 4. Rangkaian diagram segaris gangguan tiga fasa (Gönen, 2014).

Arus gangguan hubung singkat tiga fasa dapat didefinisikan sebagai Persamaan 4 (Gönen, 2014).

$$i_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_f} \quad (4)$$

Dimana :

- V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadi gangguan (V)
- I_{a1} = Arus gangguan urutan positif (A)
- Z_f = Impedansi gangguan (Ω)
- Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan (Ω)
- Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan (Ω)
- Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan (Ω)

Persentase Kesalahan (Error)

Persentase Kesalahan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Fatkhayah, 2012).

$$E(\%) = \frac{|y_i - y'_i|}{y_i} \times 100 \quad (5)$$

Dimana :

y_i = Nilai target aktual

y'_i = Nilai keluaran prediksi

Sedangkan untuk persentase kesalahan pada estimasi lokasi gangguan yang terjadi pada saluran transmisi dapat menggunakan persamaan (18) (Dash, Pradhan and Panda, 2000).

$$E_{lokasi}(\%) = \frac{|\text{jarak sebenarnya} - \text{jarak prediksi}|}{\text{panjang saluran}} \times 100 \quad (6)$$

Mean Square Error (MSE)

MSE adalah nilai rata-rata *error* yang dikuadratkan. Dapat dihitung menggunakan Persamaan 7.

$$MSE = \frac{|y_i - y'_i|^2}{N} \quad (7)$$

Dimana:

y_i = Nilai target sebenarnya

y'_i = Nilai keluaran prediksi

N = Jumlah data

Normalisasi Data

Sebelum data digunakan sebagai masukan JST, data akan dinormalisasikan terlebih dahulu agar terletak pada nilai interval 0 sampai 1 menggunakan Persamaan 8 (Fatkhayah, 2012).

$$N' = \frac{N - \min}{\max - \min} (new_{\max} - new_{\min}) + new_{\min} \quad (8)$$

Dimana:

N = Data sebelum dinormalisasi
 N' = Data setelah dinormalisasi
 Min = Nilai terendah dari data
 Max = Nilai tertinggi dari data
 New_{min} = Nilai terendah data setelah dinormalisasi
 New_{max} = Nilai tertinggi data setelah dinormalisasi

Denormalisasi Data

Keluaran JST estimasi masih berupa lintang dan bujur ternormalisasi. denormalisasi digunakan untuk mengubah data yang ternormalisasi menjadi data sebenarnya menggunakan metode *min – max* pada persamaan berikut.

$$x = \frac{(x' - 0,1)(x_{\max} - x_{\min})}{0,8} + x_{\min} \quad (9)$$

Dimana:

x = Data asli
 x' = Data normalisasi
 x_{max} = Data maksimum sebenarnya
 x_{min} = Data minimum sebenarnya

Jarak Pergeseran Koordinat

Metode Teorema Haversine berguna untuk mengetahui jarak antar dua titik dengan memperkirakan bahwa bumi bukan bidang datar, tetapi bidang yang memiliki derajat kelengkungan (Fahrabi, 2017). Teorema ini menghitung masukan jarak titik di permukaan bumi berupa garis lintang dan bujur, dengan jari-jari R = 6378,14 Km.

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right) \quad (10)$$

Dimana:

d = Jarak
 r = Jari-jari bumi
 φ = Lintang
 λ = Bujur

Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

JST merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengklasifikasi data yang memiliki banyak variabel, melalui pelatihan atau

pembelajaran dari data masukan yang dapat memetakan hubungan masukan dan keluarannya. Pelatihan JST ini adalah pengenalan pola informasi yang sudah sedikit berubah seperti manusia yang dapat mengingat wajah seseorang walaupun sudah lama tidak dijumpainya. Maka dari itu JST mampu melakukan peramalan yang akan terjadi di masa depan berdasarkan pola kejadian masa lampau (J.J.Siang, 2004). Adapun struktur JST dapat dilihat pada Gambar 5.

Pelatihan Backpropagation

Adapun algoritma *Backpropagation* dapat dilihat sebagai berikut:

Langkah 0: inisialisasi bobot, konstanta laju pelatihan (α), toleransi *error* atau nilai bobot (bila menggunakan nilai bobot sebagai kondisi berhenti) atau set maksimal *epoch* (jika menggunakan banyaknya *epoch* sebagai kondisi berhenti).

Langkah 1: selama kondisi berhenti belum dicapai, maka lakukan langkah ke-2 hingga langkah ke-9.

Langkah 2: untuk setiap pasangan pola pelatihan, lakukan langkah ke-3 sampai langkah ke-8.

Tahap I propagasi maju

Langkah 3: Setiap unit masukan x_i (dari unit ke-1 hingga unit ke- n pada lapisan masukan) mengirimkan sinyal masukan ke setiap masukan yang berada pada lapisan tersembunyi.

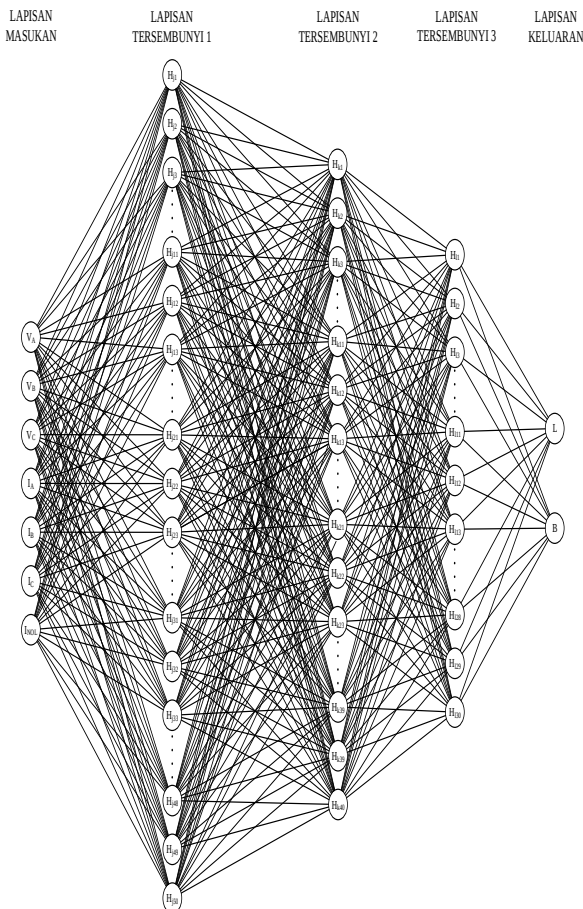
Langkah 4: masing-masing unit di lapisan tersembunyi ($Z_j, j = 1, \dots, p$) / dari unit ke-1 hingga unit ke- p) dikalikan dengan bobotnya dan dijumlahkan serta ditambahkan dengan biasnya:

$$z_in_j = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji} \quad (11)$$

$$z_j = f(z_in_j) = \frac{1}{1 + e^{-z_in_j}} \quad (12)$$

Dengan:

z_in_j = masukan jaringan ke z_j
 v_{0j} = bias dari lapisan masukan ke lapisan tersembunyi
 x_i = unit masukan
 v_{ij} = bobot dari lapisan masukan ke lapisan tersembunyi
 z_j = sinyal keluaran pada unit lapisan tersembunyi



Gambar 5. Multi-layer Feedforward Networks.

Langkah 5: masing-masing unit keluaran (Y_k , $k=1,2,3,\dots,m$) dikalikan dengan bobot dan dijumlahkan serta ditambah dengan biasnya.

$$y_{in_k} = w_{ok} + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk} \quad (13)$$

$$y_k = f(y_{in_k}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{in_k}}} \quad (14)$$

Dengan:

- y_{in_k} = Masukan jaringan ke y_k
- w_{ok} = Bias dari lapisan tersembunyi ke lapisan keluaran
- z_j = Unit lapisan tersembunyi
- w_{jk} = Bobot dari lapisan tersembunyi ke lapisan keluaran
- y_k = Sinyal keluaran pada unit lapisan keluaran

Tahap II propagasi mundur

Langkah 6: masing-masing unit keluaran (Y_k , $k=1,2,3,\dots,m$) menerima pola target t_k sesuai

dengan pola masukan atau masukan saat pelatihan kemudian informasi kesalahan atau *error* lapisan keluaran (δ_k) dihitung. δ_k dikirim ke lapisan dibawahnya dan digunakan untuk menghitung besarnya koreksi bobot dan bias (Δw_{jk} dan Δw_{ok}) antara lapisan tersembunyi dengan lapisan keluaran:

$$\begin{aligned} \delta_k &= (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \\ &= (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \end{aligned} \quad (15)$$

hitung suku perubahan bobot W_{jk} (yang akan digunakan untuk mengubah bobot W_{jk}) dengan laju pelatihan α .

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j ; k = 1,2,3,\dots,m ; j = 0,1,\dots,p \quad (16)$$

Hitung perubahan bias:

$$\Delta w_{ok} = \alpha \delta_k \quad (17)$$

Langkah 7: Pada setiap unit di lapisan tersembunyi (dari unit ke-1 hingga ke- p ; $i=1,\dots,n$; $k=1,\dots,m$) dilakukan perhitungan informasi kesalahan lapisan tersembunyi (δ_j). δ_j kemudian digunakan untuk menghitung besar koreksi bobot dan bias (Δv_{ji} dan Δv_{jo}) antara lapisan masukan dan lapisan tersembunyi.

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj} \quad (18)$$

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) = \delta_{in_j} z_j (1 - z_j)$$

hitung suku perubahan bobot v_{ji} (yang digunakan untuk perbaikan bobot v_{ji}).

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \quad (19)$$

Hitung perubahan bias (untuk memperbaiki V_{oj}),

$$\Delta V_{oj} = \alpha \delta_j \quad (20)$$

Tahap III modifikasi bobot

Langkah 8: masing-masing unit keluaran (y_k , $k=1,2,3,\dots,m$) dilakukan perubahan bias dan bobotnya ($j = 0,1,2,\dots,p$) sehingga menghasilkan bobot dan bias baru:

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (21)$$

Demikian juga untuk setiap unit tersembunyi mulai dari unit ke-1 sampai dengan unit ke- p dilakukan pembaharuan bobot dan bias:

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (22)$$

Langkah 9: Uji Kondisi berhenti (akhir iterasi).

Pelatihan model dikatakan berhasil jika pelatihan konvergen dan gagal jika pelatihan divergen. Suatu pelatihan dikatakan konvergen jika galat pada setiap iterasi pelatihan selalu mengecil, sampai pada titik dimana nilai bobot pada setiap *neuron* telah mencapai nilai yang paling baik untuk data pelatihan yang diberikan. Sebaliknya, pelatihan dikatakan divergen jika galat pada pelatihan tidak cenderung mengecil menuju sebuah titik tertentu.

Fungsi Aktivasi

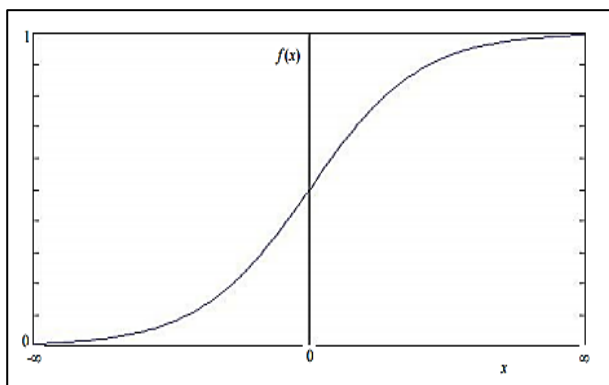
Fungsi aktivasi yang digunakan didalam metode *backpropagation* pada artikel ini berupa fungsi sigmoid biner. Fungsi ini memiliki kisaran nilai dari 0 hingga 1 dan didefinisikan pada persamaan berikut (Puspitaningrum, 2006).

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (23)$$

Dengan turunan,

$$f'(x) = f(x)(1-f(x)) \quad (24)$$

Grafik fungsi Persamaan 24 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Fungsi aktivasi sigmoid biner.

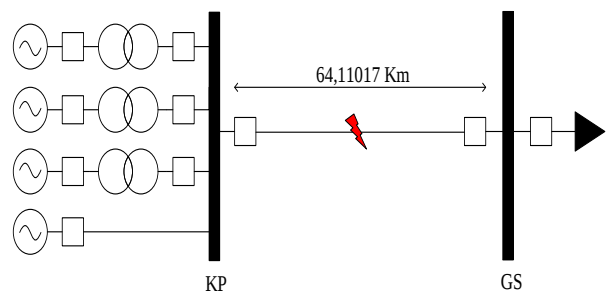
Inisialisasi Bobot dan Bias

Bobot dan bias standar *backpropagation* merupakan bilangan acak yang bernilai kecil dikarenakan nilai bobot awal tidak bisa bernilai terlalu besar, karena nilai Persamaan 24 akan menjadi sangat kecil. Maka dari itu, bobot yang membentuk nilai turunan aktivasi kecil sebaiknya dicegah agar perubahan bobot tidak menjadi sangat kecil (J.J.Siang, 2004). Langkah yang akan dilakukan adalah melakukan inisialisasi bias dan bobot dalam sebuah interval tertentu ($-\gamma$ dan γ) (Puspitaningrum, 2006).

II. METODE PENELITIAN

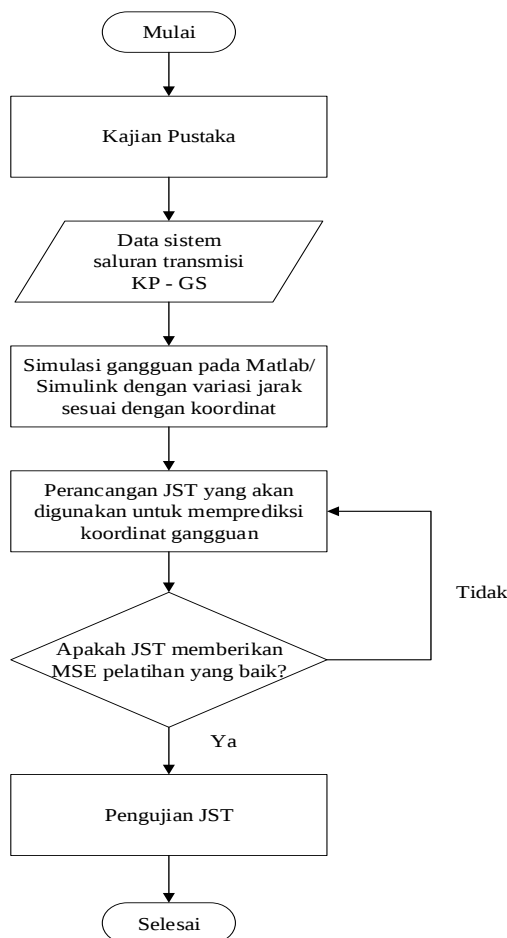
Pada artikel ini dilakukan dengan data sistem transmisi tenaga listrik yang didapatkan dari PT. PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sumatera Bagian Tengah (UPB Sumbagteng), kemudian dilakukan pemodelan dari data transmisi tenaga listrik tersebut menggunakan Matlab/Simulink R2016a. Selanjutnya dilakukan simulasi gangguan hubung singkat pada pemodelan tersebut dengan variasi berupa lokasi gangguan. Kemudian data-data yang diperoleh dari simulasi gangguan hubung singkat berupa sinyal tegangan dan arus gangguan akan dinormalisasi. Hasil normalisasi digunakan sebagai masukan pada JST untuk estimasi titik koordinat lokasi gangguan. Berikutnya dilakukan analisis terhadap hasil estimasi titik koordinat lokasi gangguan. Langkah – langkah artikel dapat dilihat pada Gambar 8.

Sistem transmisi tenaga listrik yang digunakan sebagai objek artikel berupa saluran transmisi yang dimulai dari GI Koto Panjang (KP) dan GI Garuda Sakti (GS) di Provinsi Riau. Pada bus KP terdapat tiga unit generator sinkron sebagai pembangkit tenaga listrik. Bus Koto Panjang juga menerima aliran daya dari bus Payakumbuh (PYK) sebesar 136 MW. Setiap bus pada sistem ini terdapat beban yang berbeda – beda. Gangguan hubung singkat diletakkan pada saluran transmisi antara GI KP dan GI GS yang memiliki saluran sepanjang 64,11017 Km.



Gambar 7. Single line diagram sistem transmisi tenaga listrik objek penelitian.

Selanjutnya dilakukan simulasi gangguan hubung singkat pada saluran transmisi dari bus Koto Panjang ke Garuda Sakti. Simulasi gangguan dimodelkan pada setiap fasa dan dilakukan berulang kali dengan variasi lokasi gangguan. Simulasi yang dilakukan, bertujuan untuk mengumpulkan data gangguan yang akan digunakan sebagai masukan pelatihan dan pengujian JST nantinya.



Gambar 8. Flowchart penelitian.

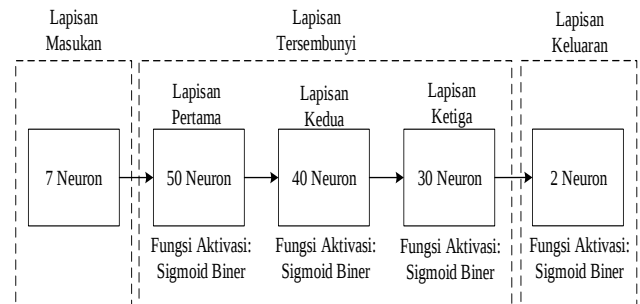
Perancangan JST untuk Estimasi Titik Koordinat Lokasi Gangguan

JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan dibuat untuk memperkirakan koordinat lokasi gangguan pada masing – masing jenis gangguan dan memberikan hasil keluaran berupa titik koordinat lintang dan bujur lokasi gangguan.

Adapun gangguan yang disimulasikan berupa gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (AG, BG, CG), dua fasa ke tanah (ABG, ACG, BCG), antar fasa (AB, AC, BC) dan tiga fasa (ABC). Gambar 9 merupakan blok diagram JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan.

Pada perancangan JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan ini, dilakukan perancangan dengan fungsi aktivasi yaitu sigmoid biner yang memiliki rentang nilai dari 0 hingga 1. Untuk lapisan pertama, JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan memiliki 7 neuron untuk menerima masukan, yaitu nilai arus puncak ternormalisasi (fasa A, B, C) dan nilai tegangan puncak ternormalisasi (fasa, A, B, C) dan nilai

puncak arus urutan nol (I_{NOL}). Untuk lapisan tersembunyi, JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan memiliki 3 lapisan tersembunyi dimana lapisan pertama terdiri dari 50 neuron, lapisan kedua 40 neuron dan lapisan ketiga 30 neuron. Sedangkan lapisan keluaran terdiri dari 2 neuron yaitu lintang dan bujur. struktur JST untuk estimasi titik koordinat lokasi gangguan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Struktur JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan.

Keluaran JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan berupa lintang dan bujur ternormalisasi. Lintang dan bujur tersebut kemudian di denormalisasi untuk mendapatkan nilai lintang dan bujur sebenarnya. Dari nilai lintang dan bujur tersebut kemudian tentukan pergeseran titik antara koordinat target dan estimasi, nilai tersebut memberitahukan keakuratan dari JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan.

Pada artikel ini JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan diberikan 7 masukan, berupa nilai normalisasi dari nilai puncak sinyal tegangan, arus fasa dan arus urutan nol setelah gangguan.

$$X_{FL} = [V_A, V_B, V_C, I_A, I_B, I_C, I_{NOL}]$$

Dimana:

- X_{FL} = Masukan JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan
- V_i = Nilai ternormalisasi tegangan puncak setelah gangguan
- I_i = Nilai ternormalisasi arus puncak setelah gangguan
- I_{NOL} = Nilai ternormalisasi arus urutan nol puncak setelah gangguan
- i = Fasa A, B dan C

Pelatihan dan pengujian dilakukan dengan masing – masing 189 dan 10 masukan dan target untuk JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan. Masukan yang digunakan

untuk pelatihan dan pengujian berupa arus puncak, tegangan puncak setiap fasa dan nilai puncak arus urutan nol yang sudah di normalisasi. Keluaran JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan adalah estimasi titik koordinat lintang dan bujur lokasi gangguan ternormalisasi yang terjadi pada saluran transmisi. Proses pelatihan dilakukan sebanyak 10.000 kali iterasi dengan nilai $MSE = 10^{-5}$. Tabel 1 adalah pemilihan data yang digunakan dalam proses pelatihan dan pengujian JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan.

Tabel 1. Pemilihan data pelatihan dan pengujian.

Parameter	Jenis Modul Estimasi Lokasi	Nomor Menara
Pelatihan	LG (AG, BG, CG)	1, 2, 3, 4,
	LL (AB, AC, BC)	5,..., 196,
	LLG (ABG, ACG, BCG)	197, 198, 199
	LLL (ABC)	(189 menara)
Pengujian	LG (AG, BG, CG)	10, 30, 50,
	LL (AB, AC, BC)	70, 90, 110,
	LLG (ABG, ACG, BCG)	130, 150,
	LLL (ABC)	170, 190
		(10 menara)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

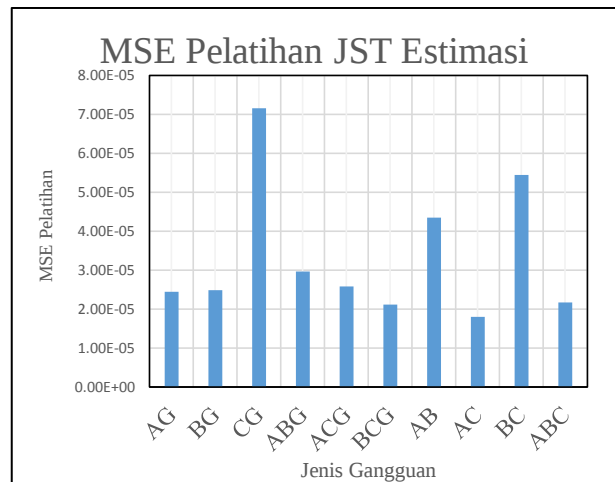
Tabel 2 memaparkan hasil pelatihan JST estimasi titik koordinat untuk setiap jenis gangguan hubung singkat.

Tabel 2. Hasil pelatihan model JST untuk setiap jenis gangguan hubung singkat.

Model JST	Total Iterasi	Lama Pelatihan	MSE
AG	10.000	20 m, 44 s	0,00002442
BG	10.000	24 m, 37 s	0,00002491
CG	10.000	57 m, 38 s	0,00007162
ABG	10.000	23 m, 0 s	0,00002962
ACG	10.000	24 m, 17 s	0,00002584
BCG	10.000	24 m, 33 s	0,00002113
AB	10.000	36 m, 37 s	0,00004354
AC	10.000	24 m, 22 s	0,00001796
BC	10.000	24 m, 27 s	0,00005446
ABC	10.000	25 m, 27 s	0,00002171

Dari Tabel 2, model JST gangguan CG memiliki waktu pelatihan paling lama yaitu 57 menit 38 detik, sedangkan waktu pelatihan paling

cepat adalah model JST gangguan AG yaitu, 20 menit, 44 detik.



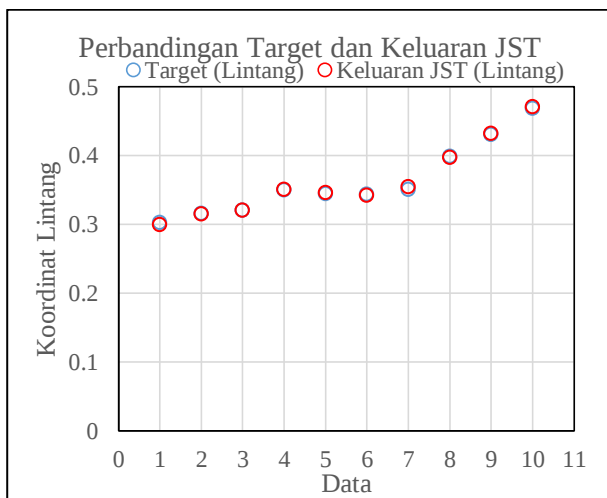
Gambar 10. MSE Pelatihan model JST setiap jenis gangguan hubung singkat.

Gambar 10, model JST gangguan CG memiliki MSE pelatihan tertinggi, yaitu 0,0000716, sedangkan MSE pelatihan terendah dimiliki model JST gangguan AC, yaitu 0,000018. Tabel 3, memaparkan hasil pengujian model JST gangguan AG untuk 10 data koordinat pengujian.

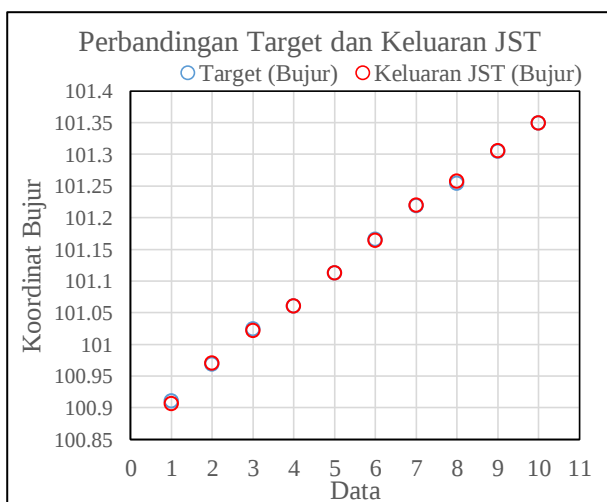
Tabel 3. Hasil pengujian JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan AG.

Lintang	Bujur	Pergeseran Titik Antara Koordinat Target Dan Estimasi (Km)
0,99819%	0,00409%	0,55
0,08575%	0,00159%	0,17
0,12448%	0,00199%	0,22
0,15545%	0,00011%	0,06
0,44378%	0,00025%	0,17
0,55555%	0,00133%	0,26
0,93865%	0,00054%	0,37
0,41390%	0,00325%	0,38
0,34242%	0,00047%	0,17
0,46305%	0,00028%	0,24
MSE		0,0000543

Gambar 11 dan Gambar 12 memperlihatkan perbandingan antara koordinat target dan keluaran JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan AG pada Tabel 3.

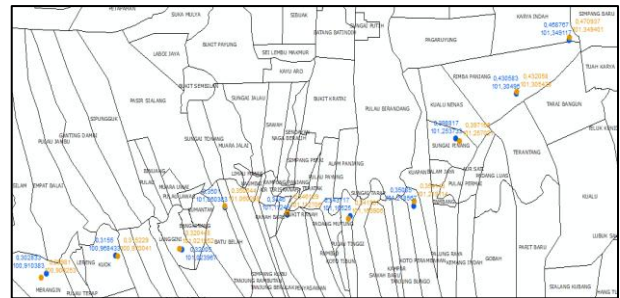


Gambar 11. Perbandingan koordinat target dan keluaran JST estimasi titik koordinat lintang lokasi gangguan AG.



Gambar 12. Perbandingan koordinat target dan keluaran JST estimasi titik koordinat bujur lokasi gangguan AG.

Tabel 3 memaparkan hasil pengujian terhadap JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan AG, JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan memiliki persentase *error* maksimum yaitu 0,99819 % dan 0,00409% masing – masing untuk lintang dan bujur, lalu persentase *error* minimum sebesar 0,08575% dan 0,00011% masing – masing untuk lintang dan bujur. Sedangkan model JST gangguan AG, memiliki MSE pengujian 0,0000543. Dengan menggunakan aplikasi ArcMap 10.4.1, hasil keluaran pengujian JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan AG dapat ditampilkan pada peta sebenarnya dan dibandingkan dengan data target seperti terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Perbandingan titik koordinat target dan keluaran hasil pengujian JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan AG untuk 10 data pengujian menggunakan ArcMap 10.4.1.

Gambar 13 menampilkan perbandingan antara titik koordinat target dan keluaran JST pada peta sebenarnya, titik koordinat pada Gambar 13 ditandai dengan simbol bulat. Pada Gambar 13, simbol berwarna biru merupakan koordinat target dan simbol berwarna oranye adalah keluaran JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan AG. Dari hasil pengujian didapatkan maksimal pergeseran titik antara koordinat target dan estimasi yaitu 0,55 Km dan minimal pergeseran yaitu 0,06 Km. Tabel 4 memaparkan pergeseran titik maksimal dan minimal antara koordinat target dan estimasi hasil pengujian JST estimasi.

Tabel 4. Pergeseran titik koordinat target dan estimasi untuk setiap gangguan.

Model JST	Pergeseran Titik Antara Koordinat Target Dan Estimasi (Km)	
	Maksimum	Minimum
AG	0,55	0,06
BG	0,66	0,14
CG	0,53	0,07
ABG	1,08	0,18
ACG	0,52	0,17
BCG	0,61	0,18
AB	1,18	0,09
AC	0,62	0,09
BC	0,52	0,17
ABC	0,62	0,12

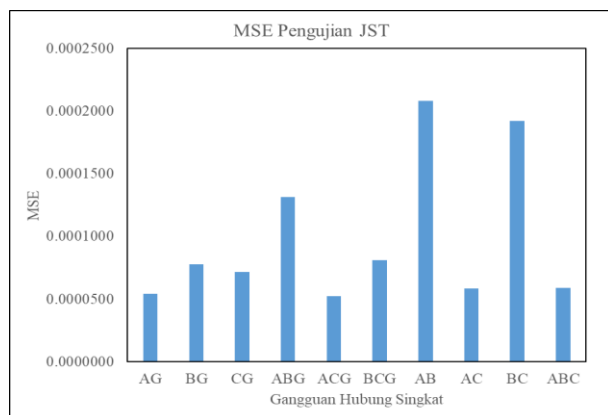
Dari Tabel 4 didapatkan bahwa model JST gangguan AB memiliki maksimum pergeseran titik koordinat terbesar, yaitu 1,18 Km, sedangkan model JST gangguan ACG dan BC memiliki maksimum pergeseran titik koordinat terkecil yaitu 0,52 Km. Tabel 5 memaparkan nilai persentase

error dari pengujian JST untuk setiap jenis gangguan.

Tabel 5. Persentase *error* JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan.

Model JST	Error (%)		
	Maksimum	Minimum	Rata - Rata
AG	1,00228%	0,08734%	0,45351%
BG	1,08867%	0,00755%	0,52277%
CG	1,29207%	0,10505%	0,48442%
ABG	1,41416%	0,40593%	0,78527%
ACG	0,00985639	0,00068	0,004013
BCG	1,19086%	0,07750%	0,52106%
AB	2,72222%	0,09901%	0,74863%
AC	1,03702%	0,02414%	0,36689%
BC	0,98564%	0,06805%	0,40128%
ABC	1,02460%	0,06207%	0,42575%

Pada Tabel 5 model JST gangguan ABG memiliki rata – rata persentase *error* terbesar yaitu 0,78527%, sedangkan ACG memiliki rata – rata persentase *error* terkecil yaitu 0,004013%. Gambar 14 memperlihatkan hasil perhitungan MSE pengujian model JST untuk masing – masing gangguan.



Gambar 14. Hasil perhitungan MSE pengujian JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan.

Pada Gambar 14 dapat dilihat model JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan yang memiliki nilai MSE terkecil yaitu pada gangguan ACG sebesar 0,0000525, sedangkan model yang memiliki MSE terbesar terletak pada gangguan AB yaitu 0,000208.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisa JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan pada sistem transmisi tenaga listrik dari bus Koto Panjang dan Garuda Sakti dapat diambil beberapa kesimpulan. Pertama, pengujian JST untuk

estimasi titik koordinat lokasi gangguan AG terhadap 10 data gangguan AG memiliki maksimal pergeseran titik koordinat maksimal yaitu 0,55 Km dan pergeseran minimal yaitu 0,06 Km dari titik koordinat gangguan sebenarnya. Kedua, Dari hasil pengujian didapatkan model JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan ACG memiliki rata – rata persentase *error* terkecil dibandingkan model JST lainnya yaitu 0,004013%, sedangkan model JST estimasi titik koordinat lokasi gangguan ABG memiliki rata – rata persentase *error* tertinggi dibandingkan model JST lainnya yaitu 0,78527%. Ketiga, model JST estimasi titik koordinat gangguan yang memiliki MSE pengujian terkecil adalah model JST gangguan ACG, yaitu sebesar 0,0000525, sedangkan model JST yang memiliki MSE terbesar yaitu model JST gangguan AB, yaitu sebesar 0,000208.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed Sabri Altaie, J. A. (2017). Fault Location Using a New Composite Control Technique, Multiple Classifier, and Artificial Neural Network. *IEEE*.
- Fahribi, M. A. (2017). Sistem Pencarian Jarak Terdekat Menggunakan Metode Haversine Berbasis Android Distance. *Artikel Skripsi Universitas Nusantara PGRI Kediri*, 3-4.
- Fatkhiyah, E. (2012). Perancangan Proses Training untuk Mendukung Penentuan Kualitas Air Minum Kemasan. *SNAST*.
- Gönen, T. (2014). *Electrical Power Transmission System Engineering : Analysis and Design*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press.
- J.J.Siang. (2004). Jaringan Syaraf Tiruan. Dalam *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya dengan MATLAB* (hal. 5). Jogjakarta: Penerbit Andi.
- Puspitaningrum, D. (2006). *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Yogyakarta: Andi.
- Sai Sowmya Nagam, E. K. (2017). Artificial Neural Network Based Fault Locator For Three Phase Transmission Line with STATCOM. *IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research*.
- Uma Uzubi, A. E. (2017). Artificial Neural Network Technique for Transmission Line Protection on Nigerian Power System. *IEEE PES-IAS PowerAfrica*.