

## PEMODELAN STRUKTUR TEKNIK CERDAS UNTUK SISTEM PROTEKSI RELE JARAK

Azriyenni, Missi Ebta Dame

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, Riau 28293  
E-mail : azriyenni@eng.unri.ac.id

**Abstrak** -- Sistem daya listrik terdiri dari pembangkitan, sistem transmisi, sistem distribusi, sistem proteksi dan beban. Sistem transmisi merupakan elemen yang digunakan sebagai objek simulasi ketika terjadi gangguan di saluran transmisi. Sedangkan, untuk sistem proteksi menggunakan pengontrolan secara digital untuk mengatasi kesalahan pada perhitungan setting impedansi rele jarak. Pada sistem transmisi saat terjadi gangguan dengan mendapatkan informasi rele jarak dan Circuit Breaker (CB) yang akan digunakan sebagai data untuk menjalankan teknik cerdas. Oleh karena itu, dalam artikel ini akan diusulkan satu metode teknik cerdas yang merupakan model komputasi. Teknik cerdas yang akan digunakan ini adalah teknik Jaringan Syaraf Tiruan (JST) berbasis Back Propagation (BP). Pelatihan JST-BP ini akan dijalankan proses pelatihan untuk memecahkan permasalahan identifikasi lokasi gangguan di sistem transmisi daya listrik. Hasil keluaran yang diharapkan memberikan koreksi galat yang kecil dan akan lebih mendekati nilai yang baik. Dan akhirnya, dengan teknik JST-BP ini diharapkan dapat mengidentifikasi lokasi gangguan secara tepat dan benar.

**Kata kunci:** Impedansi, Kesalahan, Rele jarak, Teknik cerdas, Transmisi.

**Abstract** -- The power system consists of electric power generation, transmission systems, distribution systems, protection systems and utility. The transmission system is an element that is used as the object of the simulation when an interruption occurs in the transmission line. Meanwhile, for protection systems are using digital control to resolve the error in calculation of distance relay impedance setting. In the transmission system, it is during fault by getting information the distance relay and circuit breaker that be used as the data to run an intelligent technique. Therefore, in this article will be proposed method of intelligent techniques that is model of computing. The intelligent technique will be used the technique of Artificial Neural Network based on Back Propagation. Training ANN-BP will run the training process to solve the problem of identification of fault location in electrical power transmission systems. The output is expected to provide error correction is small and will be closer to reach good value. Finally, the technique ANN-BP is expected to identify the fault location accurately and correctly.

**Keywords:** Impedance, Fault, Distance relay, Intelligent techniques, Transmission

### PENDAHULUAN

Perkembangan kebutuhan beban yang semakin besar dan sistem daya listrik menjadi semakin kompleks. Kemajuan teknologi digital meningkatkan dan jumlah informasi yang tersedia pada sistem kontrol pengawasan akuisisi data. Jika terjadi gangguan pada sistem, namun rele jarak tidak membaca impedansi dengan baik atau terjadi kesalahan pembacaan impedansi di sistem proteksi. Maka, sistem daya listrik dapat membuat operator kesulitan dalam mengatasi masalah gangguan di sistem daya listrik (Grigsby, 2012). Prinsip kerja rele jarak yaitu dengan membandingkan arus gangguan dengan tegangan rele jarak (Ariff and Pal, 2016) (Bittencourt *et. al.*, 2009) (Hooshyar *et. al.*, 2014).

Suatu metode jaringan syaraf juga digunakan untuk pengolahan informasi alarm dan lokasi gangguan di sistem daya listrik. Pengklasifikasian menggunakan jaringan syaraf dilatih secara *off-line* dengan beberapa pola alarm yang berbeda. Hasil keputusan telah disajikan untuk mendapatkan diagnosa gangguan yaitu klasifikasi gangguan di sistem daya listrik (Upendar *et. al.*, 2009) (Qiteng *et. al.*, 2012). Lout and Aggarwal, 2012, telah diusulkan satu algoritma yang menggunakan jaringan syaraf *feedforward* untuk diagnosis gangguan di sistem transmisi daya listrik. Sinyal akan diukur di salah satu saluran transmisi yang digunakan sebagai masukan untuk algoritma jaringan syaraf (Ferreira *et.al.*, 2016) (Lout and Aggarwal, 2012).

Sistem transmisi adalah suatu sistem penyaluran energi listrik dari satu tempat ke tempat lain. Sistem transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat-pusat pembangkit ke beban dan jarak penyaluran yang cukup jauh. Rele merupakan jantung dari proteksi sistem tenaga listrik. Rele ini berfungsi sebagai mengaktifkan *Circuit Breaker* (CB) bekerja jika terjadi gangguan. CB adalah salah satu peralatan pemutus daya yang berguna untuk memutuskan dan menghubungkan rangkaian listrik dalam kondisi terhubung ke beban baik secara kondisi normal maupun tidak normal. Tindakan ini berguna untuk memastikan bahwa bagian lain dari sistem mendapatkan daya dan sistem terhindar dari kerusakan yang lebih besar karena kegagalan kerja dari peralatan proteksi (Schulze *et. al.*, 2011).

Pemodelan struktur teknik cerdas yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode JST jenis BP. Teknik cerdas ini jika dijalankan maka keluaran memberikan hasil yang salah, maka sebagai penimbang dikoreksi agar *error* dapat diperkecil dan tanggapan jaringan syaraf diharapkan lebih mendekati nilai yang benar. Metode JST-BP merupakan suatu model komputasi yang menggunakan proses pembelajaran atau pelatihan yang dapat digunakan untuk membantu memecahkan permasalahan identifikasi lokasi gangguan di sistem daya listrik.

**Rele Jarak**

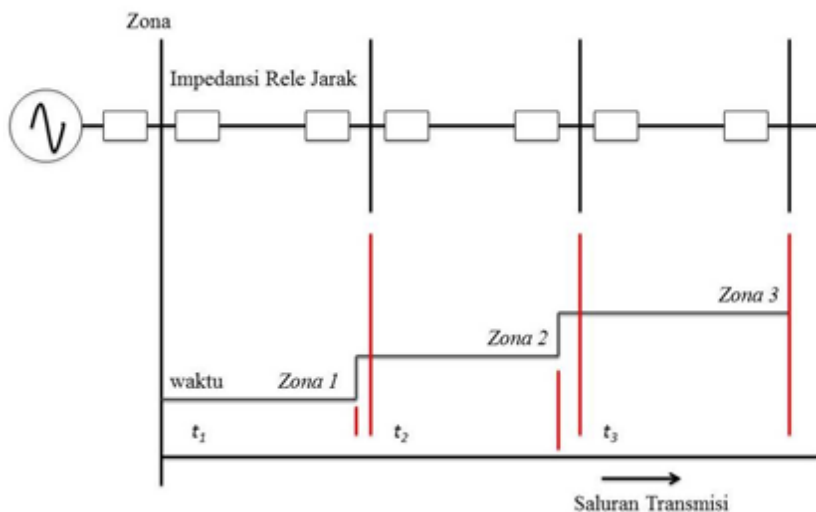
Rele jarak digunakan sebagai perlindungan utama di sistem transmisi Tegangan Tinggi (TT) dan Tegangan Ekstra Tinggi (TET). Rele jarak bekerja dengan mengukur impedansi saluran transmisi di kawasan zona perlindungan. Rele jarak

mengukur tegangan pada titik gangguan dan arus gangguan yang dipandang dari sisi rele, dengan cara membagi magnitud tegangan dan arus menjadi impedansi gangguan. Perhitungan impedansi menggunakan persamaan sebagai berikut (Kalam and Kothari, 2010):

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f} \tag{1}$$

Jenis-jenis gangguan pada sistem daya listrik adalah terdiri dari gangguan satu fasa ke bumi (FB), dua fasa (FF), dua fasa ke bumi (FFB) dan tiga fasa (FFF). Berdasarkan pengalaman di lapangan diamati bahwa 70% sampai 80% dari gangguan di saluran transmisi adalah gangguan satu fasa ke bumi. Sedangkan untuk gangguan dua fasa ke bumi dan dua fasa terjadi gangguan dalam rata-rata 15%. Selain dari pada itu, sebanyak 5% adalah gangguan tiga fasa (gangguan simetri). Rele jarak sebagai perlindungan utama dapat mengesan semua jenis gangguan dan memisahkan bagian yang ada gangguan. Rele jarak bekerja berdasarkan pengukuran impedansi di saluran transmisi, apabila impedansi yang terukur lebih kecil dari impedansi tertentu yang membawa dampak kepada gangguan, maka CB akan trip (Kalam and Kothari, 2010) (Seethalekshmi *et. al.*, 2011).

Gambar 1 menunjukkan prinsip kerja rele jarak dapat memberi kepada perlindungan adalah dengan menghubungkan antara jarak dan waktu kerja CB. Pengesetan rele jarak terdiri dari tiga kawasan perlindungan, pengesetan *Zona 1* dengan waktu kerja rele  $t_1$ , pengesetan *Zona 2* dengan waktu kerja rele  $t_2$ , dan pengesetan *Zona 3* waktu kerja rele  $t_3$  (Seethalekshmi *et. al.*, 2011).



Gambar 1. Zona Pengaturan Rele Jarak

Dengan mempertimbangkan adanya gangguan-gangguan dari data-data saluran transmisi, Trafo Arus dan Trafo Tegangan, rele jarak *Zona 1* ditetapkan 90 persen dari panjang saluran transmisi yang dilindungi (P3B, 2006) (Bittencourt *et. al*, 2009)

$$Zona_1 = 0.9 * Z_{L1} \quad (2)$$

Masa kerja rele pada keadaan  $t_1 = 0$ , maka tidak dilakukan pengesetan waktu. Prinsip pengesetan *Zona 2* adalah berdasarkan Persamaan (3) dan (4) (P3B, 2006).

$$Zona_2 \text{ min} = 1.2 * Z_{L1} \quad (3)$$

$$Zona_2 \text{ maks} = 0.9 * (Z_{L1} + 0.9 * Z_{L2}) \quad (4)$$

Prinsip pengesetan *Zona 3* adalah berdasarkan Persamaan (5), (6) dan (7) (P3B, 2006).

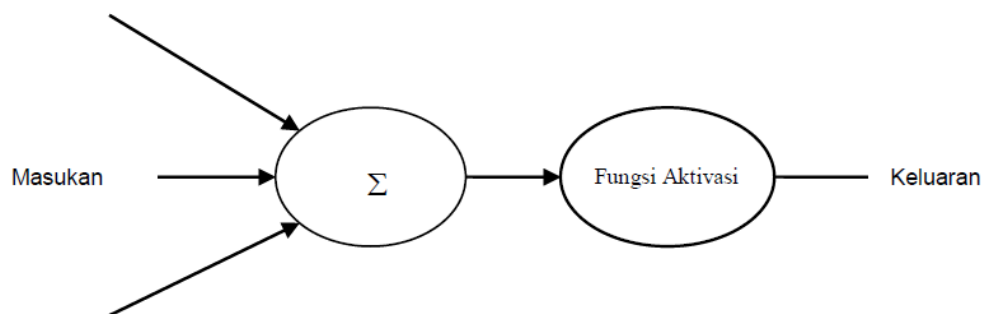
$$Zona_3 \text{ min} = 1.2 * (Z_{L1} + (0.9 * Z_{L2})) \quad (5)$$

$$Zona_3 \text{ maks1} = 0.9 * (Z_{L1} + 1.2 * Z_{L2}) \quad (6)$$

$$Zona_3 \text{ maks2} = 0.9 * (Z_{L1} + k * Z_{TR}) \quad (7)$$

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini mengaplikasikan teknik Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yaitu salah satu bagian teknik cerdas. JST adalah berkaitan dengan perhitungan unsur-unsur masukan dan keluaran yang dikenal sebagai *neuron*. Setiap *neuron* mempunyai masukan yang banyak dan mempunyai pemberat untuk memaparkan hubungan antara masukan dan keluaran. Satu *neuron* ditentukan oleh satu isyarat yang setara kepada jumlah semua masukan seperti pada Gambar 2. JST terdiri dari satu atau lebih lapisan *neuron* dalam jaringan yang saling berhubungan.



Gambar 2. Struktur Jaringan Syaraf Tiruan

Rangkaian JST terdiri dari satu lapisan masukan, satu lapisan tersembunyi dan satu lapisan keluaran. Bilangan *neuron* dalam masukan dan lapisan keluaran tergantung kepada kuantitas masukan dan keluaran. Perhitungan JST adalah hasil penambahan dari lapisan tersembunyi. Berbagai aplikasi telah membuktikan bahwa JST dengan satu lapisan tunggal mempunyai kemampuan untuk menghubungkan antara variabel masukan dan keluaran. Kuantitas *neuron* dalam lapisan tersembunyi juga mempengaruhi capaian JST yang boleh dioptimalkan oleh Persamaan (8).

$$J = \frac{P}{I} \ln(I) \quad (8)$$

Fungsi Sigmoid Biner merupakan fungsi aktivasi yang digunakan untuk JST yang dilatih dengan menggunakan metode BP. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan yang membutuhkan nilai keluaran pada interval 0 sampai 1. Fungsi sigmoid biner dapat

dirumuskan Persamaan (9) dan (10) (Larsson *et. al.*, 2006).

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \quad (9)$$

$$f'(x) = \alpha f(x)[1 - f(x)] \quad (10)$$

Setiap *neuron* memiliki fungsi aktifasi seperti yang telah disebutkan diatas, yang akan mentransformasi sinyal yang masuk ke *neuron* tersebut sehingga dihasilkan output dari neuron tersebut. Nilai sinyal yang masukan adalah  $x_1, x_2, x_3$ , pada *neuron* Y nilai sinyal yang masuk akan dijumlahkan dan menjadi total masukan ( $y\_in$ ) bagi *neuron* Y,

$$y\_in = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 + b \quad (11)$$

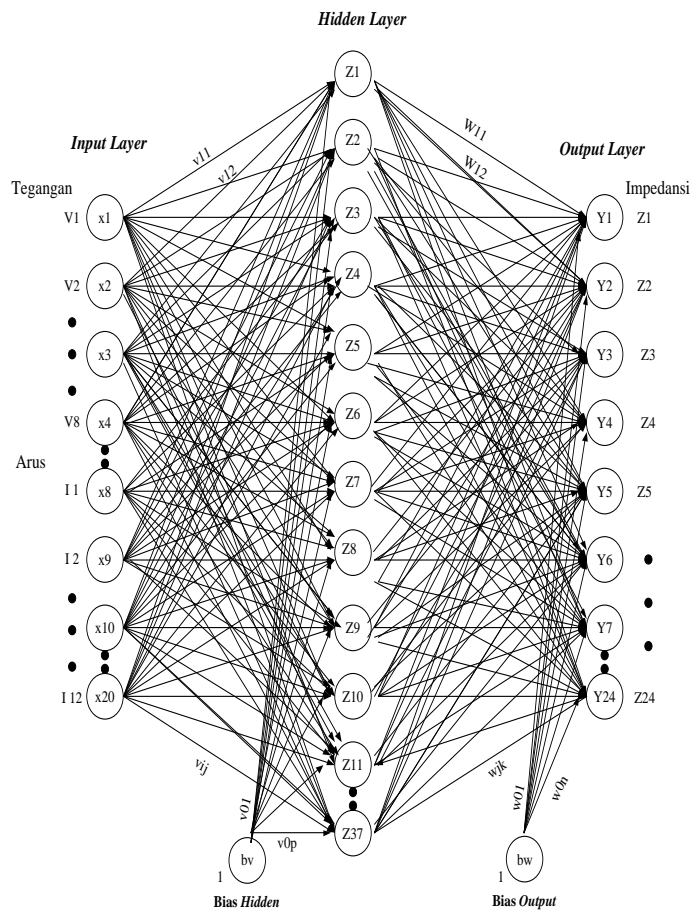
## Aplikasi JST Back Propagation Untuk Identifikasi Gangguan di Saluran Transmisi

JST *Back Propagation* (BP) dapat digunakan untuk memecahkan masalah untuk

mengetahui zona gangguan yang terjadi di sistem daya listrik. BP merupakan salah satu model dari jaringan syaraf tiruan umpan maju. Pelatihan BP ini disusun berdasarkan algoritma propagasi balik yang didasarkan pada aturan pelatihan dengan koreksi kesalahan. Proses dari *error* propagasi balik ini terdiri dari dua tahap, yaitu umpan maju dan umpan mundur. Struktur BP ini tersusun atas lapisan-lapisan *neuron*, yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*) (Larsson *et. al.*, 2006).

Untuk setiap *neuron* pada setiap lapisan memiliki fungsi aktivasi, fungsi aktivasi mentransformasi nilai masukan menjadi nilai keluaran. Fungsi aktivasi untuk setiap *neuron*

pada lapisan tertentu adalah sama. Pada lapisan tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi yang tidak linier dan fungsi aktivasi yang digunakan secara kontiniu. Jumlah lapisan tersembunyi sebanyak 2/3 dari jumlah lapisan masukan ditambah jumlah lapisan keluaran. *Neuron* masukan menggunakan fungsi aktivasi yang sama yaitu fungsi aktivasi linier. Fungsi aktivasi yang digunakan harus memiliki turunan karena di dalam algoritma metode BP menggunakan turunan fungsi aktivasi pada setiap lapisan untuk memperbaiki bobot JST (Qiteng Hong 2010). Pada analisa identifikasi lokasi gangguan, struktur jaringan syaraf yang digunakan adalah model jaringan lapisan banyak seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. JST Jenis BP dengan Satu Lapisan Tersembunyi

Pada Umpan maju (Warwick *et. al.*, 2008), setiap *neuron* masukan ( $X_i, i = 1, \dots, n$ ) menerima nilai masukan sinyal  $x_i$  dan mengirim nilai ini kesemua *neuron* pada lapisan berikutnya. Setiap *neuron* tersembunyi ( $Z_j, j = 1, \dots, p$ ) menerima masukan berupa hasil perkalian nilai masukan sinyal dengan bobot pada garis yang terhubung dengan lapisan tersembunyi.

$$z_{in_j} = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \tag{12}$$

Gunakan fungsi aktivasi Persamaan (13) untuk menghitung sinyal keluaran (Warwick *et. al.*, 2008).

$$z_j = f(z\_in_j) = \frac{1}{1 + e^{-z\_in_j}} \quad (13)$$

Setiap *neuron* keluaran ( $Y_k$ ,  $k = 1, \dots, m$ ) menerima masukan berupa hasil perkalian nilai keluaran setiap lapisan tersembunyi dengan bobot yang terhubung pada garis dengan lapisan keluaran (Warwick *et. al.*, 2008).

$$y\_in_k = w_{0k} + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk} \quad (14)$$

Fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluaran:

$$y_k = f(y\_in_k) = \frac{1}{1 + e^{-y\_in_k}} \quad (15)$$

Menghitung Kesalahan (*Error*) BP (Warwick *et. al.*, 2008) dengan menghitung faktor  $\delta$  lapisan keluaran berdasarkan kesalahan disetiap masukan keluaran ( $Y_k$ ,  $k = 1, \dots, m$ )

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y\_in_k) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \quad (16)$$

Menghitung bobot  $w_{jk}$  yang akan dipakai untuk mengubah bobot  $w_{jk}$  dengan laju perceptron  $\alpha$ ,

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j, \quad k=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,p \quad (17)$$

Untuk memperbarui bobot lapisan tersembunyi dengan lapisan keluaran.

$$\Delta W_{0k} = \alpha \delta_k, \quad (18)$$

Untuk memperbarui bias pada lapisan keluaran. Menghitung faktor  $\delta$  lapisan tersembunyi berdasarkan kesalahan disetiap lapisan tersembunyi ( $Z_j$ ,  $j = 1, \dots, p$ ),

$$\delta\_net_j = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \quad (19)$$

Faktor lapisan tersembunyi (Warwick *et. al.*, 2008):

$$\delta_j = \delta\_in_j f'(z\_in_j) = \delta\_in_j z_j (1 - z_j) \quad (20)$$

Menghitung perubahan bobot  $v_{ij}$  yang akan dipakai nanti untuk mengubah bobot  $v_{ij}$

$$\Delta V_{ij} = \alpha \delta_j X_i, \quad j=1,2,\dots,p; i=1,2,\dots,n \quad (21)$$

untuk memperbarui bobot lapisan masukan dengan lapisan tersembunyi,

$$\Delta V_{0j} = \alpha \delta_j, \quad (22)$$

Memperbarui Bobot dan Bias:

Setiap *neuron* keluaran ( $Y_k$ ,  $k = 1, \dots, m$ ) memperbarui bobot dan bias ( $j = 1, \dots, p$ )

$$W_{jk} (new) = W_{jk} (old) + \Delta W_{jk} \quad (23)$$

Setiap *neuron* tersembunyi ( $Z_j$ ,  $j = 1, \dots, p$ ) memperbarui bias dan bobot ( $i = 1, \dots, n$ ),

$$V_{ij} (new) = V_{ij} (old) + \Delta V_{ij} \quad (24)$$

Setelah dilakukan proses pembelajaran, jaringan diatas dapat dipakai untuk proses pengujian. Dalam hal ini hanya langkah *feedforward* saja yang dipakai untuk menentukan keluaran hasil dari jaringan.

## HASIL DAN ANALISIS

Dengan simulasi komputer menggunakan *software* Matlab memodelkan kerja dari metode BP, dimana hasil simulasi dengan metode BP ini dapat mengidentifikasi lokasi atau zona gangguan di saluran sistem daya listrik. Proses pemodelannya menggunakan dua proses, yaitu proses pelatihan dan pengujian. Nilai berupa nilai magnitud tegangan bus, arus di saluran dan impedansi sebagai nilai keluaran (*target*), yang kemudian digunakan untuk proses pelatihan metode BP. Pada proses pengujian nilai target untuk setingan impedansi yang digunakan tetap seperti nilai proses pelatihan. Identifikasi lokasi atau zona gangguan di sistem daya listrik dan dapat diketahui keputusan peralatan proteksi yang bekerja di lokasi gangguan tersebut.

Data tersebut dapat dilihat dalam Tabel 1 sampai Tabel 3. Tabel 1 menunjukkan masukan awal dari data gangguan sistem daya listrik untuk pelatihan dan pengujian menggunakan metode JST-BP. Tabel 2 menunjukkan nilai masukan, nilai keluaran dan nilai target untuk dijalankan menggunakan metode JST-BP. Kemudian Tabel 3 menunjukkan nilai bobot dan nilai bias baru pada *neuron* keluaran dan lapisan tersembunyi

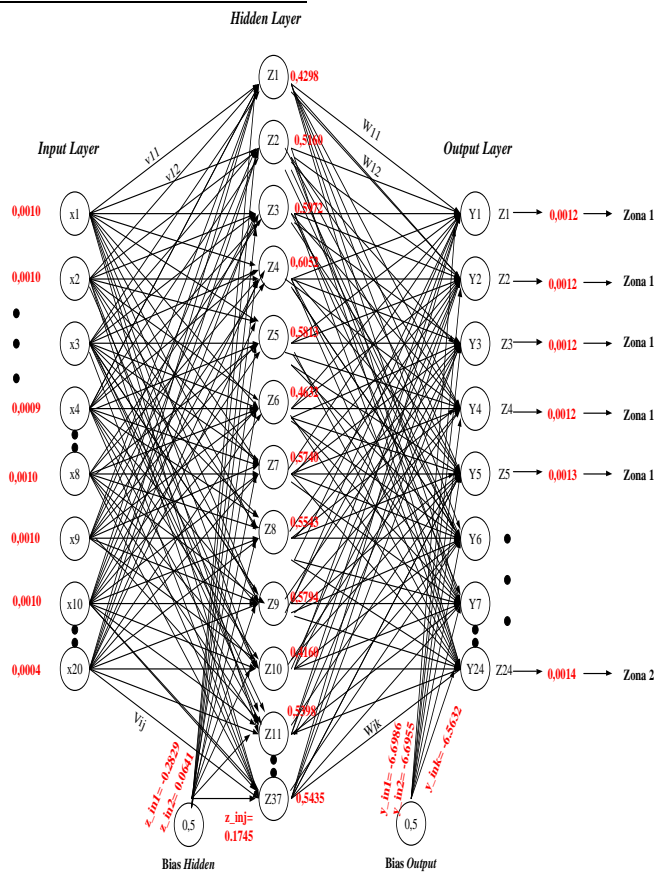
Tabel 1. Data Masukan Pelatihan dan Pengujian Kondisi Saat Gangguan Sistem Daya Listrik

Masukan	Nilai
V <sub>inlatih</sub>	150.000;148.220;141.479;139.315;140.352;136.672;150.000;148.582
I <sub>inlatih</sub>	267;267;181;181;81;81;60;60;122;112;145;107
V <sub>infault</sub>	5.056;1.980;4.410;1.974;1.974;1.974;8.118;5.388
I <sub>infault</sub>	0.00;0.00;620;66;0.00;0.00;0.00;0.00;0.00;0.00;0.00
ZI	549.45;542.93;818.89;781.75;1746.65;1719.93;2339.2;2357.98;1141.92;1304.34;1153.84;1615.02
Z <sub>CB nor</sub>	549.45;549.45;542.93;542.93;818.89;818.89;781.75;781.75;1746.65;1746.65;1719.93;1719.93;2339.2;2339.2;2357.98;2357.98;1141.92;1120.26;1304.34;1288.87;1153.84;1142.93;1615.02;1611.08
Z <sub>(zona1)</sub>	1.344;1.344;1.344;1.344;7.632;7.632;7.632;7.632;5.68;5.68;5.68;5.68;3.848;3.848;3.848;4.44;4.44;3.184;3.184;2.248;2.248;0.808;0.808
Z <sub>(zona2)</sub>	2.185;2.185;2.185;2.185;10.38;10.38;10.38;10.38;11.87;11.87;11.87;11.87;8.36;8.36;8.36;9.1;9.1;4.485;4.485;4.8;4.8;2.415;2.415
Z <sub>(zona3)</sub>	3.252;3.252;3.252;3.252;11.422;11.422;11.422;11.422;16.976;16.976;16.976;16.976;13.02;13.02;13.02;13.02;14.558;14.558;5.326;5.326;7.126;7.126;4.616;4.616

Tabel 2. Nilai Masukan, Keluaran dan Target

Variabel	Nilai
Masukan latih (x)	0.0010;0.0010;0.0009;0.0009;0.0009;0.0009;0.0010;0.0010;0.0010;0.0010;0.0010;0.0007;0.0007;0.0003;0.0003;0.0002;0.0002;0.0005;0.0004;0.0004;1.0000
Masukan gangguan (f)	0.0006;0.0002;0.0005;0.0002;0.0002;0.0002;0.0010;0.0007;0;0;0.0010;0.0001;0;0;0;0;0;0;0;1.0000
Target keluaran (t)	0.2349;0.2349;0.2349;0.2349;0.3501;0.3501;0.3501;0.3501;0.7467;0.7467;0.7467;0.7467;1.0000;1.0000;1.0000;1.0000;0.4882;0.4882;0.5576;0.5576;0.4933;0.4933;0.6904;0.6904

Dari proses pelatihan dan pengujian dalam pemodelan metode JST-BP dengan menggunakan nilai *learning rate* dan lapisan tersembunyi yang di tentukan berdasarkan nilai referensi. Hasil dari metode JST-BP dapat mengidentifikasi keluaran dari proses kerja metode ini berupa keluaran peralatan proteksi CB pada sistem daya listrik. Gambar 3 adalah struktur pemodelan yang dilakukan pengujian gangguan di salah satu panjang saluran transmisi menggunakan metode JST-BP. Hasil keluaran dapat mengidentifikasi lokasi gangguan atau zona gangguan yaitu *zona 1* dan *zona 2*.



Gambar 3. Hasil keluaran simulasi metode JST-BP

Tabel 3. Bobot dan Bias Baru pada *Neuron* Keluaran dan Lapisan Tersembunyi

Variabel	Nilai
<i>dj</i> (nilai bobot dan bias baru pada lapisan tersembunyi)	0.1664;0.1934;0.1290;0.2064;0.2085;0.1649;0.1083;0.1703;0.1220;0.1852;0.1970;0.1430;0.1604;0.1848;0.1774;0.2008;0.1820;0.1770;0.0944;0.1825;0.1626;0.1678;0.1678;0.1353;0.0932;0.1106;0.1767;0.1791;0.1724;0.1429;0.1851;0.1546;0.1708;0.1681;0.1277;0.2066;0.1534
<i>dk</i> (nilai bobot dan bias baru pada lapisan keluaran)	-0.1227;-0.1221;-0.1229;-0.1204;-0.1160;-0.1156;-0.1171;-0.1172;-0.0970;-0.0969;-0.0986;-0.0971;-0.0844;-0.0819;-0.0834;-0.0830

Tabel 4 adalah hasil keluaran simulasi pemodelan metode JST-BP dapat dilihat bahwa saat sistem terganggu dengan pembacaan peralatan proteksi CB yang terpasang dimasing-masing bus di gardu induk. Maka JST-BP dapat mengidentifikasi lokasi gangguan yang terjadi di zona 1, merupakan zona proteksi utama sepanjang 90% dari saluran transmisi. Kemudian jika gangguan tidak dapat diamankan disepanjang zona 1, maka JST-BP akan mengidentifikasi lokasi gangguan yang terjadi di zona 2.

Tabel 4. Hasil Keluaran Simulasi Metode JST-BP

Zona	Lokasi Gangguan	Peralatan Proteksi
Zona 1	TL	CB1
Zona 1	GS	CB2
Zona 1	TL.2	CB3
Zona 1	GS.2	CB4
Zona 1	GS.1	CB5
Zona 1	D.1	CB6
Zona 1	GS.2	CB7
Zona 1	D.2	CB8
Zona 1	BB	CB9
Zona 1	D.1	CB10
Zona 1	BB.2	CB11
Zona 1	D.2	CB12
Zona 1	D.1	CB13
Zona 1	DU.1	CB14
Zona 1	D.2	CB15
Zona 1	DU.2	CB16
Zona 1	BB	CB17
Zona 1	KP	CB18
Zona 1	KP	CB19
Zona 1	GS	CB20
Zona 1	KP	CB21
Zona 1	BG	CB22
Zona 2	BG	CB23
Zona 2	GS	CB24

Proses pelatihan dan pengujian yang dijalankan pada proses komputasi menggunakan *software* MATLAB dengan menggunakan metode JST-BP sebagai berikut:

- Jumlah *neuron* lapisan masukan adalah 20 *neuron*

- Jumlah *neuron* lapisan tersembunyi adalah 37 *neuron*
- Jumlah *neuron* lapisan keluaran adalah 24 *neuron*
- Target *error* adalah 0,001
- *Learning Rate* ( $\alpha$ ) adalah 0,5
- Jumlah iterasi adalah 48.370

Hasil dari pemodelan menggunakan JST-BP dapat dilihat dari aplikasi metode ini, ia dapat mengidentifikasi lokasi atau zona gangguan lebih akurat. Hampir semua panjang saluran sistem berada pada proteksi zona utama yang dengan kata lain, JST-BP dapat menangani dan mengatasi masalah untuk mengidentifikasi lokasi gangguan di saluran transmisi sistem daya listrik.

## KESIMPULAN

Dengan menggunakan metode JST-BP pada rele jarak dapat memberikan informasi berupa lokasi atau zona gangguan di saluran sistem transmisi. Pemilihan parameter dan nilai bobot untuk prediksi berdasarkan pengujian nilai *error* terkecil. Keberhasilan metode ini dipengaruhi oleh jumlah lapisan tersembunyi dan nilai *learning rate* yang digunakan. Penelitian ini telah diterapkan satu algoritma teknik cerdas alternatif berasaskan metode JST-BP untuk identifikasi lokasi gangguan di saluran transmisi daya listrik.

## REFERENSI

- Ariff, M. A. M. and B. C. Pal. Adaptive Protection and Control in the Power System for Wide-Area Blackout Prevention. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 2016; 31 (4): 1815-1825. <http://dx.doi.org/10.1109/TPWRD.2016.2518080>
- Bittencourt, A.A., M.R. de Carvalho and J. G. Rolim. Adaptive Strategies in Power System Protection Using Intelligence Techniques. *Proceeding of 15<sup>th</sup> International Conference on Intelligence System Applications to Power System ISAP 2009*. Curitiba 2009: 1-6. <http://dx.doi.org/10.1109/ISAP.2009.5352943>.
- Ferreira, V.H., et. al. A survey on intelligent system application for fault diagnosis in electric power system transmission lines. *Electric Power Systems Research*. 2016; 136: 135-153. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2016.02.002>
- Grigsby, I. L. *Power System*. CRC Press Taylor & Francis Group. 2012.
- Hooshyar, A., M. A. Azzouz and E. F. El-Saadany. Distance Protection of Lines Connected to Induction Generator-Based Wind Farms During Balanced Faults., *IEEE Transactions on Sustainable Energy*. 2014; 5 (4): 1193-1203.

- <http://dx.doi.org/10.1109/TSTE.2014.2336773>  
Kalam, A. and D. P. Kothari. *Power System Protection and Communications*. Replika Press Pvt. Ltd. 2010. (Kalam and Kothari, 2010).
- Larsson, A., A. Germond and B. Zhang, Application of Neural Networks to the Identification of Steady State Equivalents of External Power Systems. *Proceeding of the 2006 International Conference on Power System Technology*, Chongqing, 2006: 1-6.  
<http://dx.doi.org/10.1109/ICPST.2006.321647>
- Lout, K. and R. K. Aggarwal. A Feedforward Artificial Neural Network Approach to Fault Classification and Location on a 132kV Transmission Line Using Current Signals Only. *Proceeding of 47th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, London, 2012; 1-6.  
<http://dx.doi.org/10.1109/UPEC.2012.6398574>
- P3B, *Pelatihan O&M Relai Proteksi Jaringan*. PT. PLN (Persero) P3B. 2006.
- Qiteng, Hong. A. D., Campbell Booth. Intelligent System for Detecting Hidden Errors. *Proceeding of The 47th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, London, 2012; 1-6.  
<http://dx.doi.org/10.1109/UPEC.2012.6398575>
- Schulze, R., P. Schegner and R. Zivanovic. Parameter Identification of Unsymmetrical Transmission Lines Using Fault Records Obtained From Protective Relays. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 2011; 26 (2): 1265-1272.  
<http://dx.doi.org/10.1109/TPWRD.2010.2102370>
- Seethalekshmi, K., S. N. Singh and S. C. Srivastava. Synchrophasor Assisted Adaptive Reach Setting of Distance Relays in Presence of UPFC. *IEEE Systems Journal*. 2011; 5 (3): 396-405.  
<http://dx.doi.org/10.1109/JSYST.2011.2158694>
- Upendar, J., C. P. Gupta and G. K. Singh. Fault Classification Scheme Based on the Adaptive Resonance Theory Neural Network for Protection of Transmission Lines. *Electric Power Components and Systems*. 2009; 38 (4): 424-444.  
<http://dx.doi.org/10.1080/15325000903330609>
- Warwick, Kevin, A. Ekwue and R. Aggarwal. *Artificial Intelligence Techniques in Power Systems*. United Kingdom, The Institution of Engineering and Technology. 2008.