

PENERAPAN JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK PERLINDUNGAN TRANSMISI TENAGA LISTRIK

Al Imam Akbar¹⁾, 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: al.imam@student.unri.ac.id; azriyenni@eng.unri.ac.id

ABSTRACT

Electricity is a very important commodity for the sustainability of the economy. The increasing demand has pushed power companies to be more efficient in the operation of the power system. Thus, the problem on reducing of the outage duration in the power system needs to be increased. Disturbance in the electric power transmission system is a critical point because it can affect a large area and can extinguish many places. In this study, the method for detecting parts are disturbed by uncertainty in the transmission system, then, the theories of Artificial Neural Networks (ANN) is used. This ANN method aims to apply an artificial intelligence system to estimate the performance of protective equipment in the electric power system. Training and testing data are is generated by simulating single-phase to ground faults with variations in each channel. The operating time of the protection equipment will result in the Circuit Breaker (CB) status when operates. The transmission system that the object of research are 5 buses power system (system interconnection Riau) which is modeled via Matlab/Simulink, then used to run 5 fault scenarios to obtain changes in relay and CB status. The simulation result data is then used to test the ANN model. The simulation results obtained are the fault current output of each transmission line.

Keywords: ANN, Transmission Line, Fault Current, Relay, Circuit Breaker

I. PENDAHULUAN

Gangguan hubung singkat sering terjadi pada saluran transmisi udara. Mengingat jaringan transmisi tenaga listrik sangat panjang dan kompleks, jika gangguan terjadi, maka harus diusahakan untuk pemulihan secepat mungkin. Pemulihan pelayanan yang cepat akan mengurangi keluhan pelanggan, waktu berhenti sistem, kerugian pendapatan, dan ongkos perbaikan. Faktor-faktor itu semakin penting bagi perusahaan penyedia energi listrik menghadapi tantangan saat ini.

Proteksi jaringan transmisi begitu penting, relai proteksi bertujuan mengisolasi jaringan yang terdeteksi terjadi gangguan, agar jaringan lain tidak ikut terganggu. Relai proteksi yang sering digunakan adalah relai arus, relai jarak dan masih banyak lagi. Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk proteksi berfungsi untuk mendeteksi gangguan yang terjadi dan memberikan sinyal untuk trip kepada Pemutus Tenaga (PMT). Penggunaan metode JST ini akan melakukan deteksi apakah terjadi gangguan atau tidak. JST bertujuan untuk klasifikasi jenis dan lokasi gangguan hubung singkat yang terjadi pada saluran transmisi, sehingga saluran transmisi yang

terganggu akan dipisahkan dari system. Maka dari pemaparan diatas menjadi landasan penulis untuk melakukan penelitian yang akan menghasilkan metode yang bisa digunakan untuk pengembangan sistem proteksi lebih handal. Berikut ini beberapa artikel yang membahas tentang penggunaan Teknik cerdas pada saluran transmisi.

Azriyenni dan Mohd Wazir Mustafa, telah dijelaskan bahwa dengan menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference (ANFIS). ANFIS yang diusulkan adalah skema baru untuk gangguan di sistem tenaga dengan menggunakan konsep kerja rele jarak. Jika gangguan yang terjadi selama identifikasi saluran transmisi yang disebabkan oleh gangguan yang tidak diinginkan, sehingga pengiriman daya ke konsumen tidak berjalan dengan baik. Penentuan pengaturan zona di rele jarak dianggap perlu. Skema ini dapat dilakukan dalam kondisi normal dan selama proses kegagalan. Hasil tes dapat menerapkan Teknik cerdas secara alternatif, yang memiliki kinerja sangat baik untuk meningkatkan sistem transmisi (Azriyenni & Mustafa, 2015).

Selanjutnya Iskakov Ualikhan dan Breido Josif, telah dijelaskan bahwa pengembangan

teknologi yang adaptif terhadap sistem perlindungan. Sistem perlindungan arus bocor dikembangkan dengan metode Logika Fuzzy, yang adaptif terhadap osilasi tegangan yang dapat dikontrol. Ini akan memungkinkan bereaksi terhadap semua jenis osilasi yang dapat dikontrol dan akan memberikan stabilitas yang tinggi dari system perlindungan. Kontroler Fuzzy dirancang berdasarkan peraturan yang dikembangkan. Hasil pemodelan simulasi dan uji prototipe telah mengkonfirmasi memberikan perlindungan pada kebocoran arus yang Sangat efektif. Perangkat perlindungan dapat diterapkan untuk melindungi peralatan listrik (Ualikhana & Josif, 2015).

Kemudian pula, Erhankana Ardiana P, Margo Pujiantara dan Ardyono Priyadi, 2016 telah melakukan penelitian di PT HESS Indonesia. Penelitian ini berfokus bagaimana membuat atau memodelkan kurva karakteristik inverse over current relay non-standard dengan menggunakan metode pembelajaran ANFIS. Yang nantinya kurva non-standard didapatkan dengan pengambilan titik-titik data baru berupa arus dan waktu trip sesuai keinginan user. Data baru tersebut akan digabungkan dengan data lama sehingga menghasilkan data non-standard yang nantinya akan dilakukan pembelajaran ANFIS untuk mendapatkan desain kurva non-standard. Setelah itu kurva karakteristik non-standard tadi akan dilakukan simulasi pada software etap 12.6 untuk memastikan bahwa kurva non-standard sudah sesuai dengan koordinasi proteksi yang diinginkan (P, Pujiantara, & Priyadi, 2016).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan model JST yang dapat digunakan untuk pengembangan proteksi lebih handal di lokasi gangguan hubung singkat pada saluran transmisi.

II. LANDASAN TEORI

Sistem Jaringan Transmisi

Sistem kelistrikan dapat dibagi beberapa bagian secara berurutan, pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi. Umumnya sistem pembangkit dan transmisi mensuplai daya yang sangat besar dan sistem distribusi akan meneruskan daya listrik ke konsumen yang merupakan tujuan akhir dari penyaluran daya listrik (Syahputra, 2016).

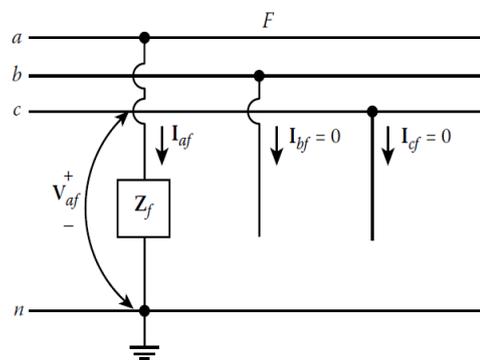
Sistem transmisi adalah suatu sistem penyaluran energi listrik dari satu tempat ke tempat lain. Pemakaian sistem transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat-pusat pembangkit ke pusat beban dan jarak

penyaluran yang cukup jauh antara sistem pembangkit dengan pusat beban tersebut. Sistem transmisi menyalurkan daya dengan tegangan tinggi yang digunakan untuk mengurangi adanya rugi-rugi akibat jatuh tegangan.

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

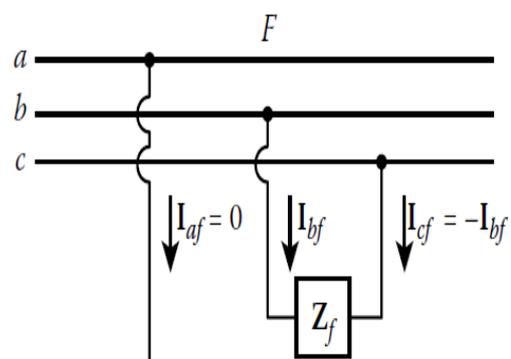


Gambar 1. Diagram segaris gangguan satu fasa ke tanah (Gönen, 2014).

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

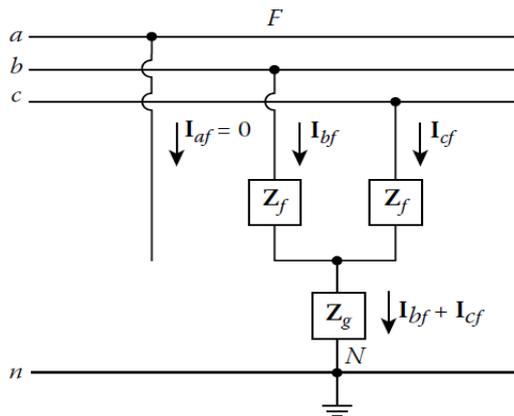


Gambar 2. Rangkaian diagram segaris gangguan dua fasa (Gönen, 2014).

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

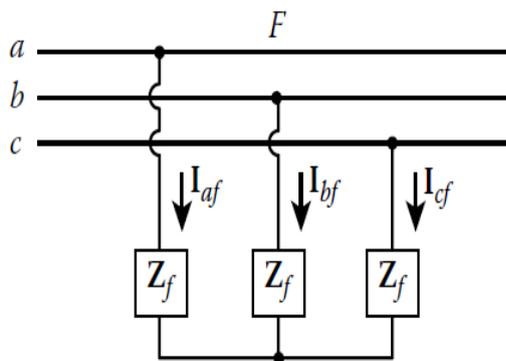


Gambar 3. Rangkaian diagram segaris gangguan dua fasa ke tanah (Gönen, 2014).

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)

Ground Fault Relay (GFR)

Kaidah penyetingan relai gangguan tanah lebih sederhana dari pada relai gangguan fasa, karena relai hanya mendeteksi arus residu yg bernilai nol pada keadaan normal. Akan tetapi untuk mengantisipasi agar relai tidak trip akibat adanya arus residu karena beban tidak seimbang, maka biasanya dilakukan perhitungan arus gangguan ke tanah terlebih dahulu untuk menentukan setting rele gangguan tanah. Setting arus rele gangguan tanah biasanya dipilih sekitar 10% dari nilai arus gangguan tanah terkecil atau (0,3 – 0,5) kali nilai arus beban penuhnya. Setting arus rele gangguan tanah sengaja dipilih jauh lebih kecil dari nilai arus gangguan tanah terkecil untuk mengantisipasi apabila terdapat tahanan gangguan saat terjadi gangguan tanah.

$$I_{set} \text{ (primer)} = 0,1 \times I \text{ beban} \quad (5)$$

$$I_{set} \text{ (sekunder)} = I_{set} \text{ (primer)} \times \frac{1}{\text{ratio CT}} \text{ A} \quad (6)$$

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: inialisasi 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:

$$z_in_j = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji} \quad (7)$$

$$z_j = f(z_in_j) = \frac{1}{1 + e^{-z_in_j}} \quad (8)$$

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

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

$$y_in_k = w_{0k} + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk} \quad (9)$$

$$y_k = f(y_in_k) = \frac{1}{1 + e^{-y_in_k}} \quad (10)$$

Dengan:

- y_in_k = Masukan jaringan ke y_k
- w_{0k} = 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_{0k}) antara lapisan tersembunyi dengan lapisan keluaran:

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_in_k) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \quad (11)$$

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

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j ; k = 1,2,3,\dots,m ; j = 0,1,\dots,p \quad (12)$$

Hitung perubahan bias:

$$\Delta w_{0k} = \alpha \delta_k \quad (13)$$

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_{j0}) antara lapisan masukan dan lapisan tersembunyi.

$$-in_j = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj} \quad (14)$$

$$\delta_j = \delta_in_j f'(z_in_j) = \delta_in_j z_j (1 - z_j)$$

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

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \quad (15)$$

Hitung perubahan bias (untuk memperbaiki v_{0j}),

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \quad (16)$$

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:

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (17)$$

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

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (18)$$

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.

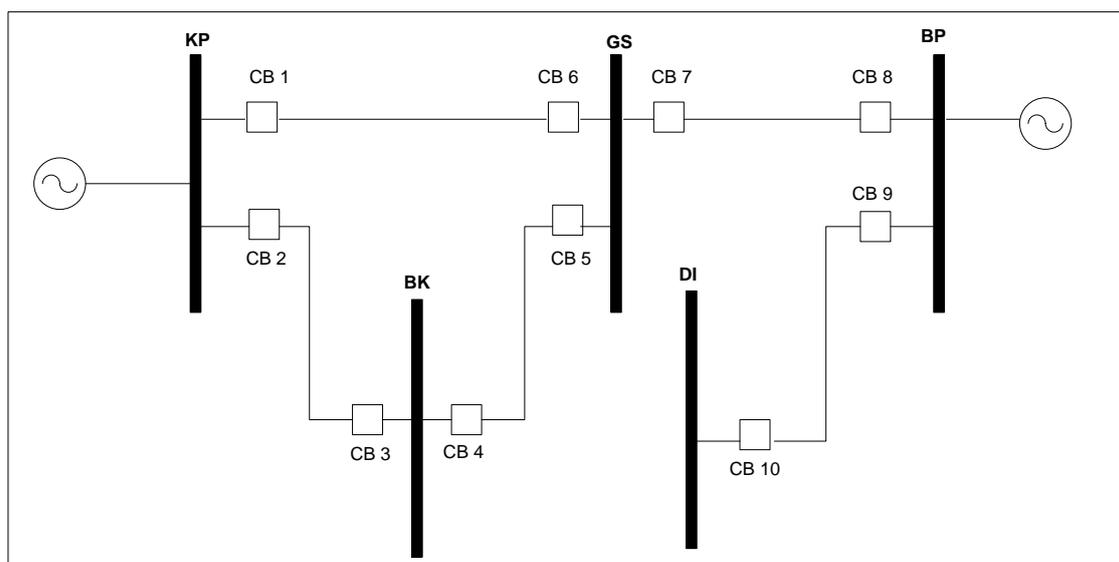
III. METODE PENELITIAN

Pada artikel ini dilakukan penelitian dengan menggunakan data sistem transmisi tenaga listrik yang diperoleh dari data PLN, setelah itu membuat pemodelan pada data sistem transmisi tenaga listrik pada Matlab/Simulink. Kemudian model tersebut dilakukan simulasi gangguan hubung singkat berupa gangguan satu fasa ke tanah dengan menambahkan *circuit breaker* di setiap saluran.

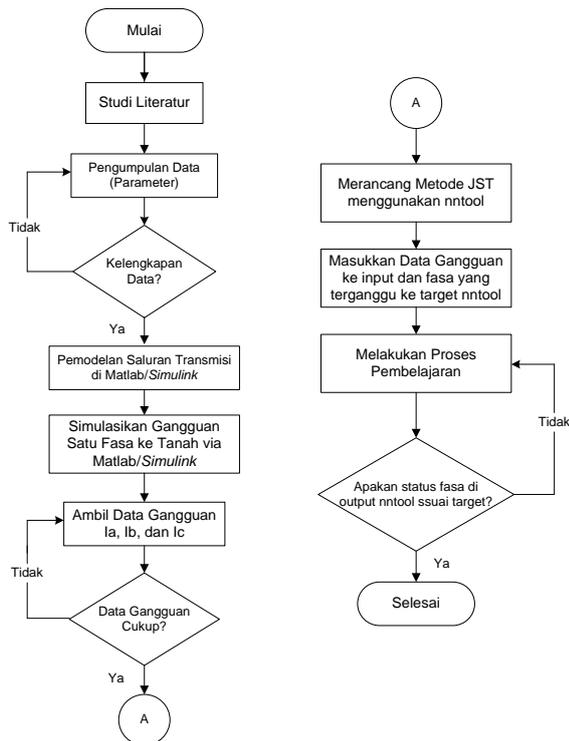
Kemudian, data-data yang diperoleh dari simulasi gangguan akan dikelola menggunakan JST sebagai masukan dan status CB sebagai keluaran pada *nn tool backpropagation*. Kemudian dilakukan analisa terhadap hasil pembacaan dari setiap CB di saluran yang mengalami gangguan satu fasa ke tanah. Langkah – langkah artikel dapat dilihat pada Gambar 6.

Sistem transmisi tenaga listrik yang digunakan sebagai objek objek pada penelitian ini yaitu data saluran transmisi tenaga listrik yang terdiri 5 bus sistem Riau yaitu Koto Panjang (KP) ke Bangkinang (BK), Koto Panjang ke Garuda Sakti (GS), Bangkinang ke Garuda Sakti, Garuda Sakti ke Balai Pungut (BP), dan Balai Pungut ke Duri (DI) yang diperoleh dari PLN berupa saluran transmisi bertopologi jaringan radial.

Selanjutnya dilakukan simulasi gangguan hubung singkat pada saluran transmisi Riau. Simulasi gangguan dimodelkan pada gangguan satu fasa ke tanah 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 5. Single line diagram sistem transmisi tenaga listrik objek penelitian.



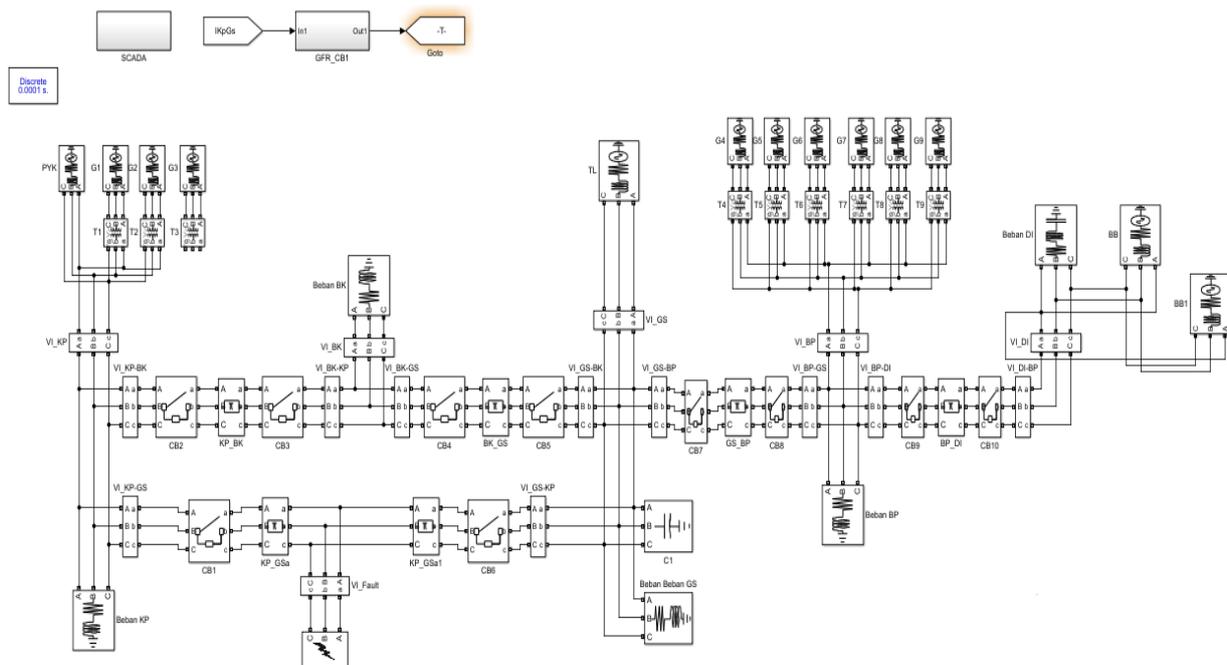
Gambar 6. Flowchart penelitian.

Pemodelan Sistem Transmisi

Pemodelan sistem transmisi 5 bus sistem kelistrikan di Riau dari bus KP, BK, GS, BP, dan DI saat transmisi beroperasi normal dengan menggunakan Matlab/Simulink.

Tujuan dari pemodelan sistem pada dalam keadaan normal adalah untuk memastikan sistem yang dimodelkan dari data yang didapatkan sudah sesuai dengan kondisi sebenarnya saat beroperasi normal. Model sistem transmisi dalam keadaan normal ini kemudian akan diverifikasi dengan membandingkan tegangan sistem hasil simulasi dengan tegangan yang terbaca pada *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)* PT. PLN. Setelah sistem transmisi diverifikasi kemudian model sistem transmisi akan digunakan untuk menghasilkan data perubahan status relai, CB dan waktu kerja relai.

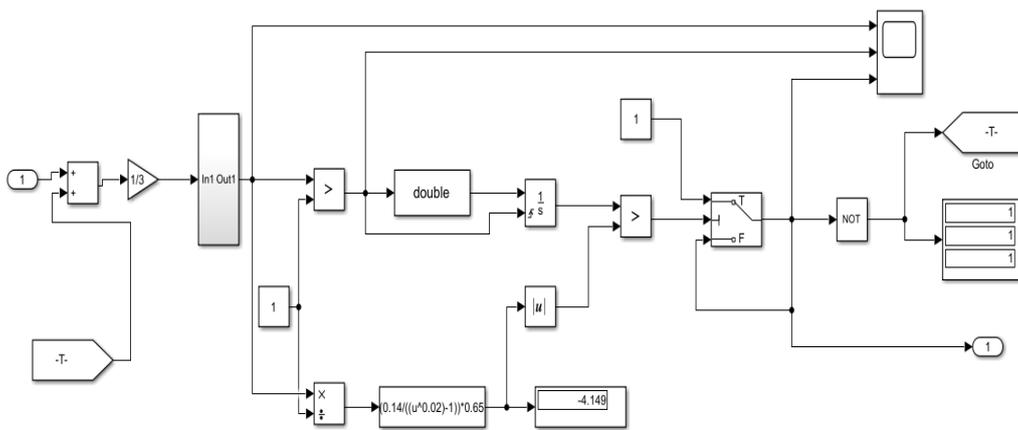
Setelah pemodelan saat kondisi normal telah diverifikasi, selanjutnya adalah menambahkan model gangguan pada sistem tersebut. Tujuan dari pemodelan ini adalah untuk menghasilkan data perubahan status relai, CB dan waktu kerja relai. Pemodelan saluran transmisi saat gangguan fasa ke tanah dapat dilihat pada gambar 7. Dalam simulasi gangguan pada penelitian ini posisi gangguan akan bervariasi. Pada pemodelan ini relai perlindungan saluran, busbar, dan relai cadangan lokal sudah terpasang, relai yang terpasang sudah berkoordinasi dengan baik. Waktu mulai gangguan adalah 0,06 detik dan durasi simulasi adalah 2,5 detik. Tahanan gangguan yang digunakan adalah 5 Ohm, *Fault Inception Angel (FIA)* adalah 0°



Gambar 7. Model Gangguan Satu Fasa ke Tanah via Matlab/ Simulink

Membangun Logika Relai Gangguan Tanah

Relai gangguan tanah merupakan relai cadangan lokal yang bekerja jika mendeteksi gangguan fasa ke tanah pada saluran. Relai ini mendeteksi arus urutan nol yang mengalir pada sistem, jika arus urutan nol yang mengalir pada sistem melewati arus *setting*, maka relai gangguan tanah akan bekerja dan mengirim sinyal trip pada CB pada waktu tertentu. Pada penelitian ini relai gangguan tanah menggunakan kurva *standard inverse*. Logika relai gangguan tanah dimodelkan menggunakan Matlab/Simulink.



Gambar 8. Logika Relai GFR

Arus urutan nol didapatkan dari penjumlahan arus fasa a, fasa b, dan fasa c dibagi 3 menggunakan blok *Sum of Elements* dan *Gain*. Kemudian arus urutan nol dikonversi ke besaran sekunder menggunakan subsistem CT. Lalu arus keluaran CT dibandingkan dengan arus *setting* GFR menggunakan blok *Relational Operator*, jika arus yang dibaca oleh CT lebih besar dari arus *setting*, maka akan menghasilkan logika 1 dan mengaktifkan blok *Integrator*, yang akan menghitung mulai 0 dan seterusnya hingga di reset.

Setting waktu GFR menggunakan kurva *Standard Inverse standard IEC*, untuk memodelkan fungsi kurva arus GFR digunakan blok *Function*. Keluaran dari blok *Function* kemudian akan dibandingkan dengan blok *Integrator*, jika nilai blok *Function* lebih besar dari blok *Integrator* maka akan menghasilkan logika 1 yang kemudian akan mentripkan CB. Jika gangguan telah diisolasi oleh CB maka arus urutan nol akan kembali normal dan mereset blok *Integrator* kembali pada posisi 0.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam keadaan kondisi gangguan satu fasa ke tanah di yang telah dimodelkan via Matlab, selanjutnya adalah mengambil data dari arus gangguan yang ada di setiap saluran yang ada dengan variasi jarak yang telah diberikan.

Gangguan yang direncanakan pada skenario terjadi bersamaan yang akan berdampak pada bekerjanya relai mentripkan CB. Perubahan status CB ini akan menjadi keluaran pada display GFR. Urutan kerja GFR didapatkan dari hasil simulasi gangguan menggunakan Matlab/Simulink.

Tabel 1. Data Arus Gangguan Riau 5 Bus

Arus KP (A)			
A	B	C	I0
6661,031	167,4666	52,44834	2264,884
5139,771	138,8683	63,61586	1731,752
4164,3	120,9536	83,65831	1387,927
3482,826	109,0557	102,8741	1145,527
2975,522	101,3274	121,3898	962,5091

2577,743	97,47775	140,581	815,8689
2250,421	98,60299	162,1668	691,2458
1966,371	107,367	188,683	577,815
1701,83	128,9188	224,3946	464,8194
1426,54	173,2344	277,8513	336,7189
Arus BK (A)			
A	B	C	I0
3742,062	80,38962	48,90282	1252,736
3310,48	69,68866	62,97016	1098,044
2957,683	61,7497	77,03921	970,1923
2661,66	56,90711	91,44718	861,2993
2407,004	56,03189	106,784	765,7213
2182,28	60,26471	123,7672	679,1273
1978,117	70,54754	143,494	597,6517
1785,867	87,91968	167,5164	517,4006
1595,773	114,2727	198,3402	433,5302
1394,12	153,6245	240,3049	338,8315
Arus GS (A)			
A	B	C	I0
5179,53	80,12319	117,9588	1791,689
4075,855	38,21431	74,9589	1394,645
3356,844	15,38452	45,31458	1134,132
2851,956	25,57253	24,85761	949,1608
2477,331	45,18807	19,72374	809,6819
2188,168	65,16121	32,45199	699,4338
1957,844	85,9786	51,10131	608,5003
1769,481	108,9231	72,96343	530,2493
1611,746	135,789	99,05053	459,6579
1476,544	169,2635	131,8216	392,2237
Arus BP (A)			
A	B	C	I0
2100,438	43,57537	79,60265	681,7563
2011,382	61,53268	86,69675	638,9575
1928,961	81,13919	97,98545	597,8494
1852,38	102,3253	112,8873	557,9346
1780,909	125,3653	131,0746	518,6883
1713,88	150,7394	152,5504	479,5362
1650,667	179,1096	177,6255	439,833
1590,694	211,3941	206,9622	398,8073
1533,279	248,8579	241,6219	355,46
1477,712	293,251	283,1765	308,5313

Arus DI (A)			
A	B	C	I0
2628,763	49,25112	85,47038	899,8162
2786,792	67,60167	91,5809	965,4374
2964,3	87,37301	101,8322	1038,123
3165,225	108,6364	115,7692	1119,421
3394,592	131,7151	133,1105	1211,293
3658,965	157,0982	153,8422	1316,279
3967,037	185,4615	178,2609	1437,734
4330,59	217,7261	207,002	1580,196
4765,953	255,1534	241,0956	1749,933
5295,776	299,4873	282,0836	1955,632

Analisis *Circuit Breaker* untuk sistem Riau 5 Bus

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui CB yang akan berfungsi pada saluran yang telah disimulasikan menggunakan Matlab/Simulink. Tabel 2 menampilkan data CB yang trip di setiap saluran.

Tabel 2. Data CB pada sistem 5 bus

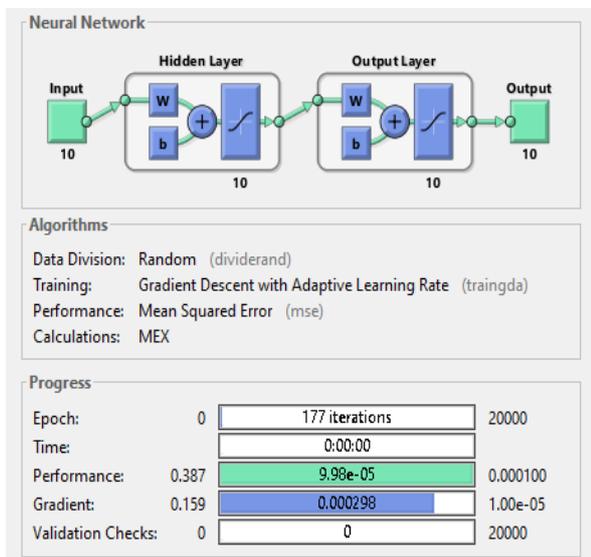
No.	Skenario Gangguan	CB Trip
1	Gangguan di saluran Koto Panjang - Garuda Sakti	CB1
		CB6
2	Gangguan di saluran Koto Panjang - Bangkinang	CB2
		CB3
3	Gangguan di saluran Bangkinang - Garuda Sakti	CB4
		CB5
4	Gangguan di saluran Garuda Sakti - Balai Pungut	CB7
		CB8
5	Gangguan di saluran Balai Pungut - Duri	CB9
		CB10

Hasil Pelatihan JST via Matlab/Simulink

Setelah mendapatkan data gangguan satu fasa ke tanah setiap saluran transmisi Riau 5 bus, langkah berikutnya adalah melakukan pelatihan JST dengan tipe *backpropagation* menggunakan *neural network tool (nntool)* yang ada di Matlab. Data arus gangguan akan digunakan sebagai *input* dari sistem JST. Target keluaran yang diharapkan adalah JST dapat mendeteksi gangguan di arus fasa yang terjadi gangguan dan memberikan logika 1 pada fasa yang terganggu dan logika 0 pada fasa yang tidak mengalami gangguan.

Pada saat proses pelatihan JST maka kita mengatur jumlah lapisan tersembunyi, maksimum iterasi dan nilai error. Lapisan tersembunyi yang digunakan yaitu 10 neuron dan lapisan keluaran 10 neuron, maksimum iterasi adalah 20000 dan nilai error 0.0001.

Gambar 9 adalah hasil pelatihan JST gangguan satu fasa ke tanah pada saluran KP – GS arus yang terjadi di fasa A (Ia) lebih tinggi dari arus di fasa B (Ib) dan C (Ic) dengan batas arus terjadi gangguan sebesar I0. Maka Ia bernilai 1 dan Ib,Ic bernilai 0 pada pengujian tersebut, pelatihan berakhir pada *error* 0,0001 dengan 177 iterasi.



Gambar 9. Training di Saluran KP – GS

Tabel 3 menampilkan hasil output dari training untuk gangguan pada saluran KP – GS. Arus fasa a mengalami gangguan satu fasa ke tanah dengan kondisi arus lebih tinggi dari fasa b dan fasa c yang dalam kondisi normal.

Tabel 3. Output Training Saluran KP – GS

Arus KP			Arus GS		
Ia	Ib	Ic	Ia	Ib	Ic
0.9922	0.0095	0.0095	0.9878	0.0095	0.0095
0.9878	0.0109	0.0104	0.9920	0.0109	0.0104
0.9901	0.0088	0.0096	0.9912	0.0088	0.0096
0.9893	0.0098	0.0100	0.9886	0.0098	0.0100
0.9964	0.0086	0.0085	0.9844	0.0086	0.0085
0.9916	0.0106	0.0098	0.9919	0.0105	0.0099
0.9902	0.0085	0.0092	0.9870	0.0086	0.0092
0.9856	0.0055	0.0061	0.9973	0.0055	0.0061
0.9853	0.0089	0.0097	0.9942	0.0089	0.0096
0.9834	0.0096	0.0100	0.9937	0.0096	0.0100

Perbandingan JST dengan Setting Relai GFR

Setelan arus gangguan tanah di diset 10% x arus gangguan tanah terkecil di penyulang tersebut. Hal ini dilakukan untuk menampung tahanan tanah.

$$I_{set \text{ primer}} = 0,1 \times 1426 = 142,6 \text{ Ampere}$$

$$I_{set \text{ (sekunder)}} = I_{set \text{ (primer)}} \times \frac{1}{ratio \ CT} \text{ A}$$

$$= 142,6 \times \frac{5}{400} \text{ A}$$

$$= 1,78 \text{ A}$$

Nilai arus tersebut merupakan nilai setelan pada sisi primer, sedangkan nilai yang akan disetkan pada relai adalah nilai sekundernya. Oleh karena itu dihitung menggunakan nilai rasio trafo arus yang terpasang pada penyulang.

Dari hasil perhitungan setting relai dapat dilihat bahwa dengan menggunakan metode JST menghasilkan arus yang lebih kecil dibandingkan dengan setting relai GFR, dimana dengan JST diperoleh arus sebesar 0,98 A sedangkan dengan setting relai diperoleh arus sebesar 1,78 A.

V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa penerapan metode jaringan syaraf tiruan untuk perlindungan sistem transmisi tenaga listrik dari sistem Riau 5 bus dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu Relay yang dipakai pada perlindungan transmisi tenaga listrik untuk gangguan satu fasa ke tanah ialah relay gangguan tanah atau *ground fault relay (GFR)*. Setiap saluran transmisi memiliki relai yang

berfungsi untuk menggerakkan *Circuit Breaker* pada saluran yang mengalami gangguan. Input dari pelatihan pada perancangan JST tipe *Backpropagation* ialah arus gangguan di setiap saluran dan target dari JST ialah 0 dan 1 tergantung dari fasa yang mengalami gangguan. Untuk hasil pelatihan pada perancangan JST tipe *Backpropagation* gangguan pada masing-masing fasa dan tanah dengan membaca arus fasa yang mengalami gangguan yaitu arus fasa yang mengalami gangguan lebih tinggi daripada arus fasa yang tidak mengalami gangguan yaitu arus pada fasa A.

DAFTAR PUSTAKA

- Azriyenni, & Mustafa, M. W. (2015). Application of ANFIS for Distance Relay Protection in Transmission Line. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*.
- Husodo B. Y (2015). *Studi Analisa Perhitungan dan Pengaturan Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Kubikel Cakra 20 KV di PT XYZ. JTEUMB*. Jakarta.
- Gonen, T. (2014). *Electrical Power Transmission System . 3rd Ed. Electrical Power Transmission System*. USA: Analysis And Design. CRC Press.
- J.J.Siang. (2004). Jaringan Syaraf Tiruan. Dalam *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya dengan MATLAB* (hal. 5). Jogjakarta: Penerbit Andi.
- Kharisma, M. I. (2016). *Analisa Setting Ground Fault Relay (GFR) Terhadap Sistem Pentanahan Netral Penyulang Pandeanlamper 06 JTM 20 KV Semarang*. Semarang.
- Kristanto, A. (2004). *Jaringan Saraf Tiruan (Konsep Dasar, Algoritma san Aplikasi)*. Yogyakarta: Graha Media.
- Kusumadewi, S. (2004). *Artificial Inteligence* . Yogyakarta: Andi.
- P, E. A., Pujiantara, M., & Priyadi, A. (2016). Pemodelan Kurva Karakteristik Inverse Non-Standart Pada Rele Arus Lebih Dengan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (Anfis). *Jurnal Teknik ITS Vol. 5, No. 2, ISSN: 2337-3539*.
- Puspitaningrum, D. (2006). *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Yogyakarta: Andi.
- Syahputra, R. (2016). *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*. Yogyakarta: LP3M UMY.
- Ualikhani, I., & Josif, B. (2015). Development of Control Algorithm for Adaptive Leakage Current Protection Devices' using Fuzzy Logic. *Science Direct*.