

## PEMODELAN BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK PADA RELAY DIFFERENSIAL TRANSFORMATOR GI BABADAN 150 KV

**Eka Prasetyo Hidayat**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : ekahidayat1@mhs.unesa.ac.id

**Unit Three Kartini, S.T,M.T, Ph.D.**

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : unitthree@unesa.ac.id

### Abstrak

Pada penelitian ini metode *Backpropagation Neural Network (BP-NN)* telah dimodelkan untuk meningkatkan kesensitifan relay diferensial terhadap gangguan. Hal ini dimungkinkan karena *BP-NN* menawarkan penyelesaian masalah dalam menentukan pengenalan pola. Metode ini dapat digunakan untuk pengenalan pola dengan model yang sederhana dalam menggambarkan pola hubungan antara arus diferensial dengan arus restrain tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode *BP-NN*, didapatkan error sebesar 0,000420 dengan nilai arus primer yang dihasilkan adalah 0,07523 A dan arus sekunder adalah 0,07509 A dengan parameter horizontal adalah waktu (mS) serta parameter vertical adalah arus rating dari CT. Arus diferensial adalah 0,6966 pu dengan slope 1 yaitu 0,1 pu dan slope 2 yaitu 0,8 pu maka relay diferensial tidak mengeluarkan trip ke PMT. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan metode *BP-NN* didapatkan hasil yang lebih efektif untuk mengurangi potensi kesalahan kerja pada relay diferensial.

**Kata Kunci:** Relay Diferensial, *Backpropagation Neural Network*, Arus Inrush, Arus Diferensial, Arus Restrain

### Abstract

In this research the *Backpropagation Neural Network (BP-NN)* method has been modeled to increase the sensitivity of differential relays to interference. This is possible because *BP-NN* offers problem solving in determining pattern recognition. This method can be used for pattern recognition with a simple model in describing the pattern of the relationship between differential currents and the restrain current. The result of the *BP-NN* method, an error of 0,000420 was obtained with the primary current value being 0,07523 A and the secondary current is 0,07509 A with the horizontal parameter is time (mS) and the vertical parameter is the rating current from CT. Differential currents are 0,6966 pu with slope 1 is 0,1 pu and slope 2 is 0,8 pu then differential relays do not issue trip to PMT. Then it can be concluded that by using the *BP-NN* method results are obtained more effectively to reduce the potential for work errors on differential relays.

**Keywords:** Differential Relays, *Backpropagation Neural Network*, Inrush Current, Differential Current, Restrain Current

### PENDAHULUAN

Sistem transmisi merupakan salah satu bagian proses penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit ke jaringan distribusi. Salah satu peralatan listrik yang menunjang proses penyaluran energi listrik pada sistem transmisi adalah transformator daya. Transformator daya merupakan salah satu peralatan listrik yang seringkali mendapat dampak terjadinya gangguan. Dalam pengoperasiannya, gangguan pada transformator daya senantiasa dapat terjadi, maka transformator tersebut ditunjang dengan pengaman yang dipergunakan sesuai dengan kebutuhannya yaitu relay diferensial.

Relay diferensial bekerja tanpa koordinasi dengan relay yang lain, sehingga kerja relay ini memerlukan waktu yang cepat. Relay diferensial sendiri merupakan menjadi pertimbangan pertama sebagai proteksi transformator daya dikarenakan berguna untuk

mengamankan belitan transformator bila terjadi suatu gangguan. Namun dalam aplikasinya relay diferensial kadang melakukan kesalahan kerja yang mengakibatkan transformator yang diproteksi mengalami trip meskipun pada kenyataannya transformator dalam keadaan normal. Salah satu faktor yang menyebabkan melakukan kesalahan kerja adalah adanya kejadian arus inrush.

Penelitian yang membahas relay diferensial oleh Hari Firdaus (2018) berjudul *Pemodelan Relay Diferensial Pada Transformator Daya 25 MVA Menggunakan ANFIS* membahas tentang Setting arus pada relay diferensial harus dihitung secara tepat sehingga mencegah adanya kegagalan proteksi dan meningkatkan kehandalan sebuah sistem tenaga listrik.

*Artificial Neural Network (ANN)* atau Jaringan Saraf Tiruan (JST) dipilih sebagai metode peramalan karena kemampuan Jaringan Saraf Tiruan dalam mengolah data

yang tidak linier. Perubahan kebutuhan daya listrik dari jam ke jam yang mengalami perubahan non liner, Jaringan saraf tiruan dinilai cocok untuk memprediksi beban jangka pendek di hari berikutnya yang bersifat non linier setiap jamnya. Dengan proses pelatihan dan pengujian yang dilakukan, diharapkan terbangun pola Jaringan Saraf Tiruan untuk meramalkan beban di jam berikutnya.

Dari beberapa penelitian yang pernah ada maka, penulis mencoba melakukan penelitian di bidang ketenagalistrikan dengan metode ANN untuk pengenalan pola dengan model yang sederhana dalam menggambarkan pola hubungan antara arus differensial dengan arus restrain.

## KAJIAN PUSTAKA

### Sistem Transmisi

Sistem transmisi adalah penyaluran energi listrik dari suatu sumber pembangkitan ke suatu sistem distribusi atau kepada konsumen, atau penyaluran tenaga listrik antar sistem. proses penyaluran energi listrik yang bermula dari sumber pembangkitan listrik terutama yang menggunakan tenaga air (PLTA) umumnya terletak jauh dari tempat – tempat konsumen listrik. Karena itu energi listrik yang dibangkitkan harus disalurkan oleh kawat – kawat atau saluran transmisi. Tegangan generator pada umumnya rendah, antara 6 Kv sampai 24 Kv, maka tegangan ini biasanya dinaikkan menggunakan transformator daya (*Step Up*) ke tingkat tegangan yang lebih tinggi antara 30 Kv sampai 500 Kv .

Penurunan tegangan dari tingkat tegangan transmisi pertama dilakukan pada Gardu Induk (GI), dimana tegangan diturunkan ke tegangan yang lebih rendah misalnya : dari 500 Kv ke 150 Kv atau dari 150 Kv ke 70 Kv atau dari 70 Kv ke 20 Kv. Tegangan 20 Kv ini disebut tegangan distribusi primer.

### Sistem Transmisi GI Babadan

Sistem transmisi GI Babadan merupakan penurunan tegangan dari tingkat tegangan transmisi pertama dilakukan pada GI Surabaya Barat, dimana tegangan dari GI Surabaya Barat diturunkan ke tegangan yang lebih rendah yaitu 500 Kv ke 150 Kv. Setelah itu ditunjang dengan peralatan – peralatan listrik guna untuk menunjang proses penyaluran energi listrik lalu diturunkan ke tegangan yang lebih rendah yaitu beban penyulang 22 Kv.

### Klasifikasi Gangguan

Gangguan adalah suatu ketidaknormalan dalam suatu sistem tenaga listrik yang akan mengakibatkan mengalirnya arus yang tidak seimbang dalam sistem tiga fasa. Pengertian lain dari gangguan juga dapat didefinisikan sebagai semua kecacatan yang mengganggu

aliran normal arus ke beban. Berikut ini adalah Gangguan pada transformator daya :

#### a. Gangguan Internal

adalah gangguan yang bersumber dari dalam transformator dan sekitar transformator daya yang dapat diklasifikasikan, yaitu Gangguan hubung singkat, Terjadinya busur api dan pemanasan lokal, Gangguan sistem pendingin, Arus inrush.

#### b. Gangguan eksternal

adalah gangguan yang terjadi diluar daerah pengamanan transformator dan dapat mengakibatkan kerusakan pada transformator tersebut. Berikut beberapa gangguan eksternal pada transformator, yaitu Beban lebih, Gangguan hubung singkat disisi luar.

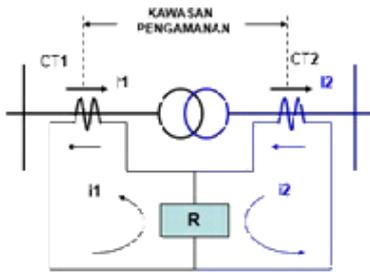
### Arus Inrush

Apabila sumber tegangan dihubungkan pada sebuah Transformator daya akan mengalir arus yang cukup besar dengan periode waktu yang sangat singkat sampai tercapai kondisi steady state. Arus awal ini disebut arus inrush dan besarnya dapat mencapai 8 sampai 30 kali arus normal. Arus inrush ini perlu mendapat perhatian khusus karena pengaruhnya dapat mengganggu pengoperasiaan pengamanan. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap arus inrush, antara lain: ukuran Transformator, ukuran dan sifat sumber sistem tenaga, tipe inti besi Transformator.

Arus yang keluar dari transformator mengandung harmonisa ketiga. Harmonisa ketiga merupakan komponen harmonisa ganjil yang paling besar, yang nilainya 40 sampai 50% dari ekivalen gelombang sinusoidal arus yang keluar. Jika fluks dalam rangkaian magnet transformator adalah sinusoidal, maka arus yang keluar akan mengandung komponen harmonisa ketiga. Fluks yang mempunyai harmonisa ketiga ini akan menginduksi lilitan transformator. Harmonisa menyebabkan peningkatan rugi – rugi inti besi. Selain itu harmonisa pada transformator akan mengalami saturasi/kejenuhan.

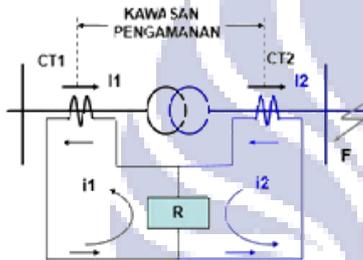
### Relay Differensial

Relay differensial bekerja berdasarkan hukum kirchoff, dimana arus yang masuk pada suatu titik sama dengan arus yang keluar dari titik tersebut. Relay differensial digunakan sebagai salah satu pengamanan utama (main protection) pada transformator daya yang berguna untuk mengamankan belitan transformator bila terjadi suatu gangguan. Relay differensial merupakan suatu relay yang prinsip kerjanya adalah membandingkan arus pada sisi primer dengan arus sisi sekunder. Dalam kondisi normal, jumlah arus yang mengalir melalui loop tersebut adalah ( $I_d = I_p - I_s = 0$ ). Dimana  $I_d$  adalah arus differensial (ampere),  $I_p$  adalah arus primer (ampere) dan  $I_s$  adalah arus sekunder (ampere)



**Gambar 1** Rangkaian Relay Diferensial  
(Sumber : Hendra Martha Yudha , 2009)

. Seperti pada gambar 1 dalam kondisi normal, arus mengalir melalui perlatan listrik yang diamankan jika terjadi gangguan diluar perlatan listrik yang diamankan (external fault), maka arus yang mengalir akan bertambah besar tetapi sirkulasinya akan tetap sama dengan pada kondisi normal. Sehingga relay pengaman tidak akan bekerja untuk gangguan tersebut.

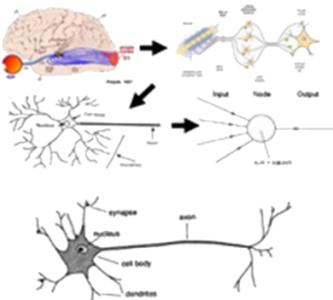


**Gambar 2** Relay Diferensial gangguan eksternal  
(Sumber : Hendra Martha Yudha, 2009)

Tampak pada gambar 2 untuk memperoleh sensitivitas yang tinggi terhadap adanya gangguan internal ringan dengan sekuritas yang tinggi terhadap gangguan-gangguan eksternal, maka kebanyakan digunakan rele diferensial tipe persentase.

**Jaringan Syaraf Tiruan (JST)**

Otak manusia memiliki struktur yang sangat kompleks dan memiliki kemampuan yang luar biasa. Otak terdiri dari neuran-neuron dan penghubung yang disebut sinapsis



**Gambar 3** Struktur dasar jaringan syaraf tiruan dan Struktur sederhana sebuah neuron  
(Sumber: Siang,Jong Jek,2009)

Pada Gambar 3 pengaplikasian Jaringan Syaraf Tiruan atau Artificial Neural Network merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang meniru kinerja otak manusia merupakan generalisasi model matematis dengan asumsi :

- a. Pemrosesan informasi terjadi pada elemen sederhana (neuron)
- b. Sinyal dikirimkan diantara neuron – neuron melalui penghubung (dendrit dan akson)
- c. Penghubung antar elemen memiliki bobot yang akan menambah atau mengurangi sinyal

Struktur neuron pada otak manusia dan proses kerja yang dijelaskan diatas, maka konsep dasar pembangunan neural network buatan (Artificial Neural Network) terbentuk. Ide mendasar dari ANN adalah mengadopsi mekanisme berpikir sebuah system atau aplikasi yang menyerupai otak manusia, baik untuk pemrosesan berbagai sinyal elemen yang diterima, toleransi terhadap kesalahan/error, dan juga parallel processing.Karakteristik dari NN dilihat dari pola hubungan antar neuron, metode penentuan bobot dari tiap koneksi, dan fungsi aktivasinya.

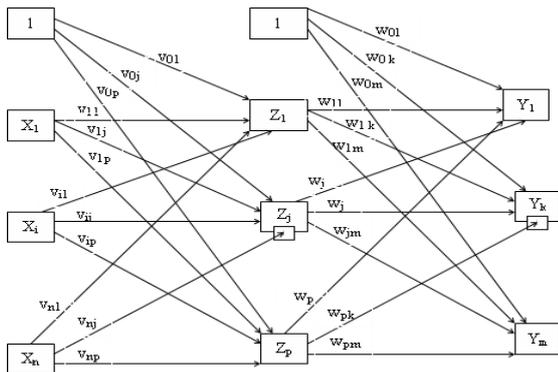
Proses pada NN dimulai dari input yang diterima oleh neuron beserta dengan nilai bobot dari tiap-tiap input yang ada. Setelah masuk ke dalam neuron, nilai input yang ada akan dijumlahkan oleh suatu fungsi perambatan (summing function), yang bisa dilihat seperti pada di gambar dengan lambang sigma ( $\Sigma$ ). Hasil penjumlahan akan diproses oleh fungsi aktivasi setiap neuron, disini akan dibandingkan hasil penjumlahan dengan threshold (nilai ambang) tertentu. Jika nilai melebihi threshold, maka aktivasi neuron akan dibatalkan, sebaliknya, jika masih dibawah nilai threshold, neuron akan diaktifkan. Setelah aktif, neuron akan mengirimkan nilai output melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya. Proses ini akan terus berulang pada input-input selanjutnya.

**Backpropagation Neural Network**

Backpropagation adalah metode penurunan gradient untuk meminimalkan kuadrat error keluaran. Ada tiga tahap yang harus dilakukan dalam pelatihan jaringan, yaitu :

- a. Tahap perambatan maju (Forwardpropagation)
- b. Tahap perambatan balik (Backpropagation)
- c. Tahap perubahan bobot dan bias

Gambar 4 merupakan contoh arsitektur jaringan ini terdiri dari *input layer*, *hidden layer*, *output layer* seperti pada gambar berikut :



**Gambar 4** Arsitektur jaringan BP-NN  
(Sumber : Prabowo Pudjo Widodo, 2012)

Algoritma perambatan balik terdiri dari arah maju dan arah mundur. Algoritmanya adalah sebagai berikut :

- Tahap 0 : Pembobotan Awal (Set ke nilai random serendah mungkin), set harga error minimal.
- Tahap 1 : Kondisi *Stop, False*, lakukan tahap 2 – 9
- Tahap 2 : Untuk setiap pasangan *training*, lakukan tahap 3 – 8.

*Feedforward :*

- Tahap 3 : Tiap unit masukan (\$X\_i, i = 1, \dots, n\$), menerima sinyal \$X\_i\$ dan menyebarkan sinyal ke seluruh lapis tersembunyi (hidden layer).
- Tahap 4 : Tiap unit tersembunyi (\$Z\_j, j = 1, \dots, p\$), jumlahkan bobot sinyal inputnya,  

$$z\_inj = v_{oj} \sum_{i=1}^n X_i v_{ij} \dots \dots \dots (1)$$

Terapkan fungsi aktifasi untuk menghitung sinyal keluarannya, \$z\_j = f(z\\_inj)\$, dan mengirimkan sinyal ini ke seluruh unit lapis di atasnya (lapis output).

- Tahap 5 : Tiap unit keluarannya (\$Y\_k, k = 1, \dots, m\$), jumlahkan bobot sinyal keluarannya,  

$$y\_ink = wok + \sum_{j=1}^m X_j v_{jk} \dots \dots \dots (2)$$

Sedangkan untuk Cascade :  

$$y\_ink = wok + \sum_{j=1}^m X_j v_{jk} + \sum_{i=1}^p X_i v_{ij} \dots \dots (3)$$
  
 Terapkan fungsi aktifasi untuk menghitung sinyal keluarannya, \$y\_k = f(z\\_ink)\$.

*Keterangan:*

- \$X\_i\$ = input layer
- \$Z\_j\$ = hidden layer
- \$W\_{ok}\$ = bias pada unit keluaran
- \$V\_{oj}\$ = bias pada unit tersembunyi j

*Backpropagation :*

- Tahap 6 : Tiap unit keluaran (\$Y\_k, k = 1, \dots, m\$), menerima pola target dan mengacu ke target masukan, hitung kesalahannya

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y\_ink) \dots \dots \dots (4)$$

Hitung koreksi bobot

$$\Delta w_{jk} = a \delta_k \dots \dots \dots (5)$$

Hitung koreksi terhadap bias

$$\Delta v_{ok} = a \delta_k \dots \dots \dots (6)$$

Dan mengirimkan sinyal tersebut ke lapis sebelumnya (mundur).

- Tahap 7 : Tiap unit tersembunyi (\$Z\_j, j = 1, \dots, p\$) menjumlahkan delta masukan dari lapis di atasnya.

$$\delta\_inj = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \dots \dots \dots (7)$$

Kalikan dengan turunan dari fungsi aktifasi untuk mencari kesalahan,

$$\delta_j = \delta\_inj f'(z\_inj) \dots \dots \dots (8)$$

dan hitung bobot koreksinya

$$\Delta v_{ij} = a \delta_j x_i \dots \dots \dots (9)$$

Dan hitung koreksi biasnya

$$\Delta v_{oj} = a \delta_j \dots \dots \dots (10)$$

*Keterangan :*

- \$Y\_k\$ = output layer
- \$\delta\_j\$ = nilai koreksi bobot *error* untuk yang disebabkan oleh informasi propagasi balik dari error pada *output layer* ke *hidden layer* \$Z\_j\$
- \$\delta\_j\$ = nilai koreksi bobot *error* untuk \$w\_{jk}\$ yang disebabkan oleh *error* pada unit keluaran \$Y\_k\$
- \$a \delta\_k\$ = fungsi aktifasi pada nilai koreksi bobot *error*

*Update bobot dan bias :*

- Tahap 8 : Tiap unit keluaran (\$Y\_k, k = 1, \dots, m\$) update bias dan bobot-bobotnya (\$j = 0, \dots, p\$) : \$w\_{jk}(\text{new}) = w\_{jk}(\text{old}) + \Delta w\_{jk}\$. Tiap unit tersembunyi (\$Z\_j, j = 1, \dots, p\$) update bias dan bobotnya (\$i = 0, \dots, n\$) : \$v\_{ij}(\text{new}) = v\_{ij}(\text{old}) + \Delta v\_{ij}\$

- Tahap 9 : Uji kondisi berhenti  
 If \$\delta\_k <\$ harga *error* set awal Then "Stop Training"

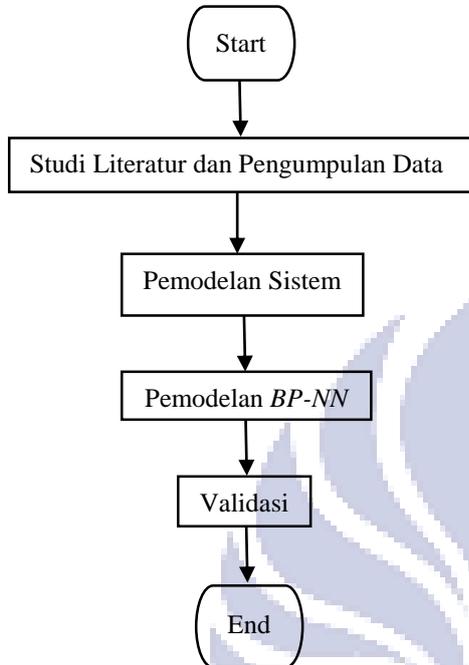
**METODE**

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen, karena penelitian ini disajikan dalam bentuk angka-angka. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang banyak dituntut menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut serta penampilan hasilnya. Dalam penelitian ini, mencoba menemukan hasil persamaan polinomial yang baik dalam proses BP-NN dan mencoba-coba model training, variasi jumlahneuron, dan variasi jumlah epoch dalam train

yang kemudian akan ditemukan hasil output yang terbaik dalam melakukan pemodelan.

**Teknik Pengumpulan Data**

Tahapan teknik pengumpulan data ini secara garis besar di jelaskan dalam gambar 4.



**Gambar 4** Diagram alir Perancangan Penelitian (Sumber : Data Primer, 2018)

Dari teknik pengumpulan data diatas dapat diuraikan 4 bagian yaitu Studi literatur berguna untuk mempelajari data yang akan diobservasi dan pengumpulan data bermaksud untuk melakukan observasi terhadap objek akan diteliti, pemodelan sistem digunakan untuk memodelkan relay differensial secara real time menggunakan software MATLAB, pemodelan BP-NN digunakan untuk menentukan nilai setting relay differensial, validasi berfungsi untuk membandingkan hasil dari metode BP-NN dengan hasil sumber penelitian.

**Teknik Analisis Data**

Dari instrument pengumpulan data yang sudah dibuat sebelumnya. Maka prosedur untuk masing-masing tahapan akan dipaparkan sebagai berikut :

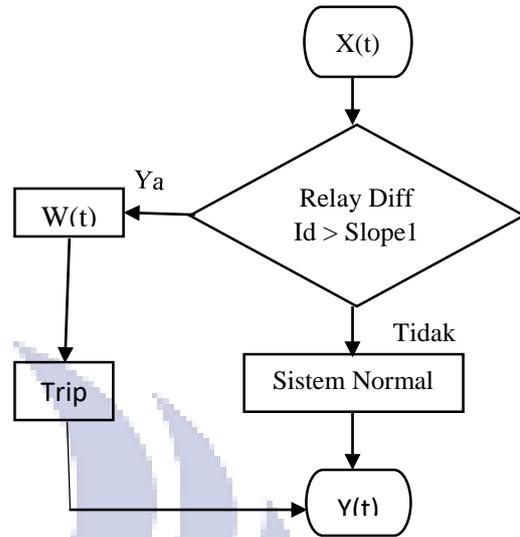
a. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui masalah yang akan dihadapi sebelum membuat pemodelan .

b. Pemodelan Skema Relay Differensial

Pemodelan skema relay differensial bertujuan untuk menguji fungsi relay differensial sebagai proteksi transformator yang telah diberi BP-NN maupun non BP-NN. Desain skema yang digunakan pada software

MATLAB yang didalamnya terdiri dari peralatan listrik antara lain X(t) yang terdiri dari CT primer dan sekunder, lalu W(t) yang terdiri dari PMT primer dan sekunder yang dapat kita lihat dibawah ini.

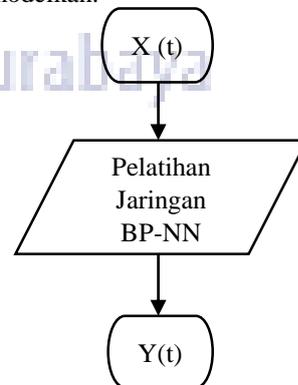


**Gambar 5** Flowchart Skema Relay Differensial (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Gambar 5 merupakan flowchart skema relay differensial yang menjelaskan bahwa prinsip kerja relay differensial yaitu membandingkan nilai arus pada CT primer dan sekunder. Id pada relay differensial merupakan arus differensial (selisih antara arus yang menuju dengan yang meninggalkan relay). Apabila Id lebih besar dari nilai slope1 maka relay differensial memberikan perintah trip kepada PMT primer dan sekunder. Dan sebaliknya apabila Id mendekati nol maka tidak terjadi gangguan internal dan relay differensial tidak memberikan perintah trip kepada PMT primer dan sekunder.

c. Pemodelan BP-NN

Berikut flowchart *backpropagation neural network* yang akan dimodelkan.



**Gambar 6** Flowchart Pemodelan BP-NN (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Dari gambar 6 diatas dapat diuraikan sebagai berikut:

1. X (t)  
X (t) merupakan input dari rekaman gangguan sebagai input di *backpropagation neural network*.
2. Pelatihan jaringan *BP-NN*  
Pelatihan jaringan *BP-NN* ini meliputi 3 fase. Fase pertama adalah fase maju yaitu Pola input maju mulai dari layer input hingga layer output menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Fase kedua adalah fase mundur yaitu selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dipropagasikan mundur, dimulai dari garis yang berhubung langsung dengan unit – unit dilayer output. Fase ketiga adalah modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi.
3. Y (t)  
Y (t) adalah hasil setelah pelatihan selesai dilakukan, jaringan *BP-NN* dapat dipakai untuk mengenali pola.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

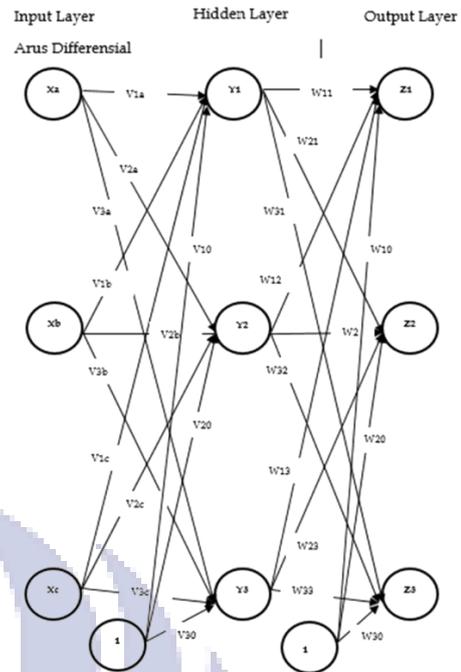
Pada penelitian ini, pengambilan data berupa data grafik yang telah dilatih dengan *BP-NN* lalu hasil dibandingkan dengan setting relay differensial milik PT. PLN (persero) kemudian hasil kita lihat pada materi selanjutnya. Berikut adalah bahan – bahan untuk pengujian relay differensial :

**A. Backpropagation Neural Network**

*Backpropagation Neural Network (BP-NN)* melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa (tapi tidak sama) dengan pola yang dipakai selama pelatihan Dalam pembuatan *BP-NN* dibutuhkan data-data pelatihan untuk melatih *BP-NN*. Data pelatihan *BP-NN* ini menggunakan arus differensial dari PT . PLN sebagai *input* dan arus restrain dari PT . PLN sebagai *target* seperti yang dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1** Sampel Data PT. PLN  
(Sumber : GI Babadan, 2018)

Arus Differensial (Id)			Arus Restrain (Ir)		
Id1	Id2	Id3	Ir1	Ir2	Ir3
0,021	0,005	0,014	0,021	0,005	0,014
0,01	0,003	0,006	0,009	0,003	0,006
0,002	0,001	0,003	0,002	0	0,004
0,006	0,002	0,005	0,006	0,003	0,006
0,003	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
0,002	0,004	0,003	0,003	0,005	0,003
0,237	0,097	0,162	0,007	0,097	0,162

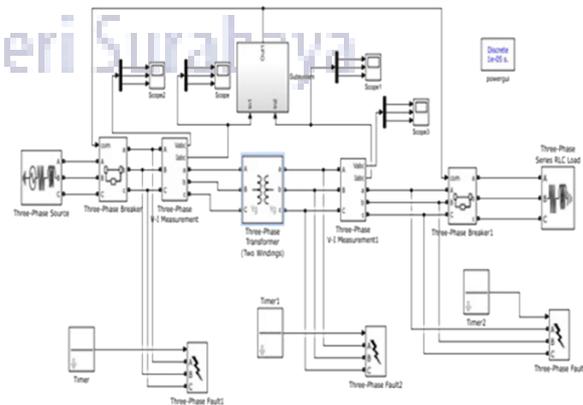


**Gambar 7** Arsitektur Jaringan *BP-NN*  
(Sumber: Data Primer, 2018)

Pada Gambar 7 adalah arsitektur jaringan *BP-NN* dengan 3 buah input (ditambah sebuah bias) yaitu arus differensial, sebuah hidden layer yang terdiri dari 3 unit (ditambah sebuah bias), serta 3 buah unit output yaitu arus restrian, dan merupakan jaringan *Feed-forward backpropagation*. Dalam arsitektur jaringan *BP-NN* tersebut, komposisi yang digunakan adalah training function yaitu metode variabel laju pemahaman trainingrp, adaptasi learning yaitu *learnngdm*, transfer function layer 1 pada hidden layer yaitu *logsig*, dan transfer function layer 2 pada hidden layer yaitu *purelin*.

**B. Pengujian Relay Differensial**

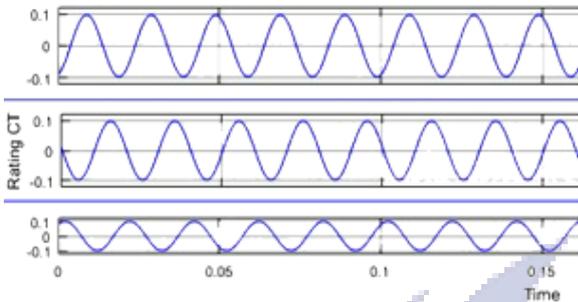
Pengujian relay differensial yang bertujuan untuk membandingkan hasil pengujian dalam kondisi normal, dengan gangguan dan kondisi dimana relay differensial diberi *BP-NN* dapat dilihat pada gambar 8.



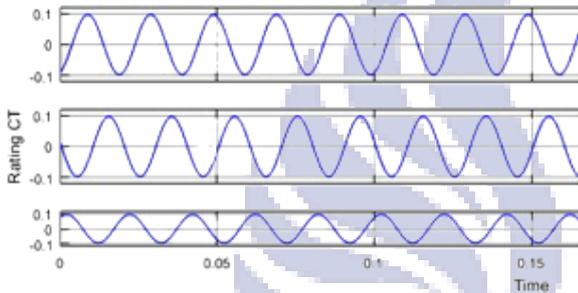
**Gambar 8** Arsitektur Jaringan *BP-NN*  
(Sumber: Data Primer, 2018)

a. Pengujian relay differensial keadaan normal

Simulasi pengujian relay differensial seperti pada gambar 9 memakai trafo penyulang 20Kv sebagai beban. Besar daya aktif yang digunakan transformator penyulang adalah 20 MW. Berikut hasil dari pengujian relay differensial.

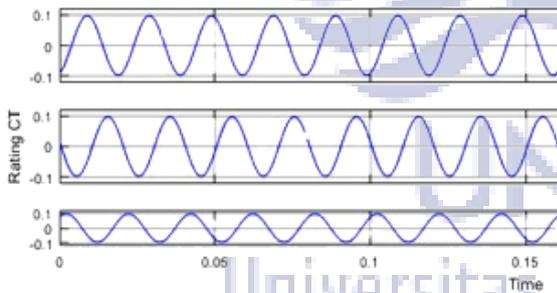


(a)

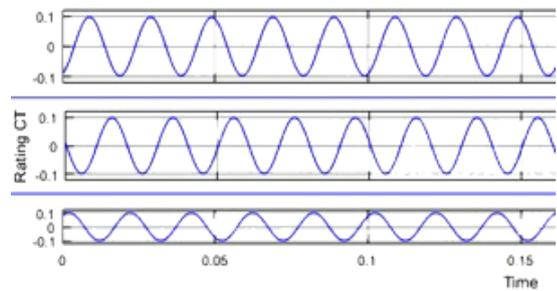


(b)

**Gambar 9** Hasil pengujian relay differensial tanpa BP-NN (a) CT sisi primer (b) CT sisi sekunder (Sumber : Data primer, 2018)



(a)



(b)

**Gambar 10** Hasil pengujian relay differensial dengan BP-NN (a) CT sisi primer (b) CT sisi sekunder (Sumber : Data primer, 2018)

Hasil dari gambar 9 dan 10 merupakan pengujian relay differensial kondisi normal tanpa BP-NN dan dengan BP-NN yaitu untuk tanpa BP-NN pada gambar 9 (a) maksimal adalah 0,07523 A dan pada gambar 9 (b) maksimal adalah 0,07509 A lalu ntuk dengan BP-NN pada gambar 10 (a) adalah 0,07523 A dan pada gambar 10 (b) maksimal adalah 0,07509 A dengan parameter horizontal adalah waktu (mS) serta parameter vertical adalah arus rating dari CT. lalu arus differensial adalah 0,6966 pu dengan slope 1 yaitu 0,1 pu dan slope 2 yaitu 0,8 pu maka relay differensial tidak mengeluarkan trip ke PMT.

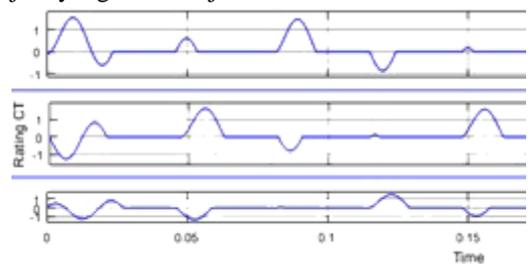
b. Pengujian relay differensial dengan gangguan internal

Selanjutnya pengujian relay differensial dibutuhkan parameter gangguan internal yang telah terjadi di GI babadan tersebut. Berikut tabel 2 parameter gangguan internal yang digunakan untuk pengujian relay differensial

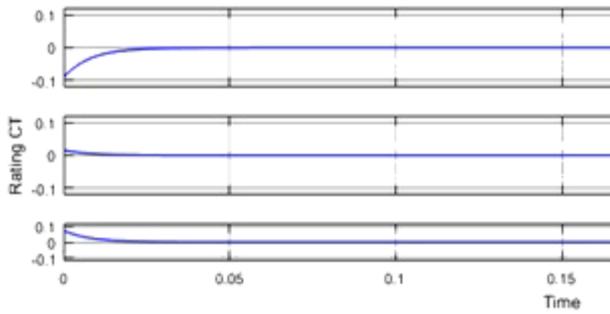
**Tabel 2 Parameter Gangguan Internal**  
(Sumber : Data primer, 2018)

Ia	Ib	Ic
5,086 A	2,388 A	4,060 A
4,852 A	2,331 A	3,964 A
4,851 A	2,307 A	4,006 A
4,776 A	2,276 A	3,912 A
4,698 A	2,237 A	3,860 A
4,626 A	2,144 A	3,891 A
0,427 A	0,004 A	0,022 A

Dengan diberinya gangguan internal seperti tabel diatas lalu disatukan dengan pada gambar 9 memakai trafo penyulang 20Kv sebagai beban. Besar daya aktif yang digunakan transformator penyulang adalah 20 MW. Berikut hasil dari pengujian relay differensial. Dari parameter gangguan internal diatas, berikut hasil pengujian yang telah diuji :

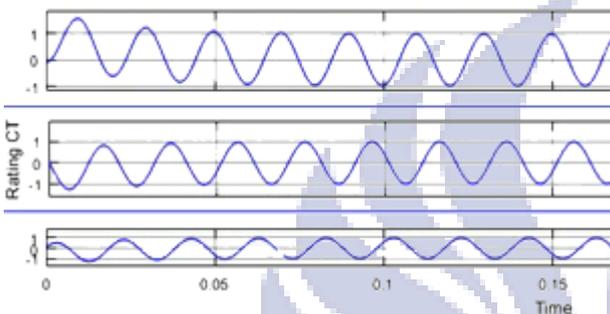


(a)

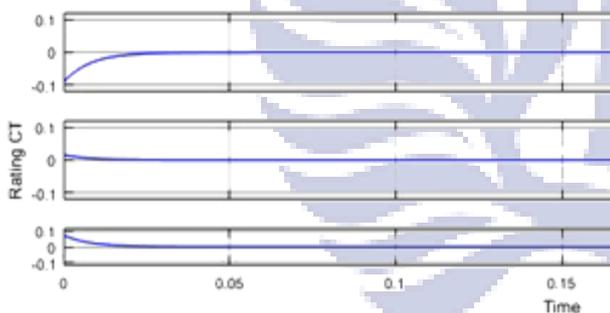


(b)

**Gambar 11** Hasil pengujian relay differensial tanpa *BP-NN* (a) CT sisi primer (b) CT sisi sekunder  
(Sumber : Data primer, 2018)



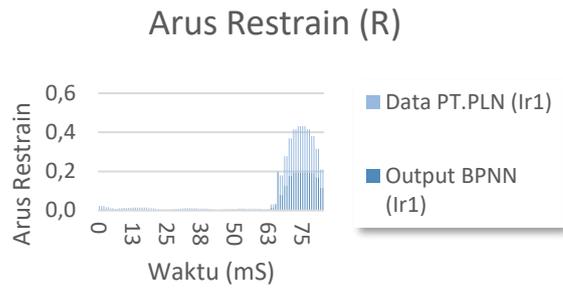
(a)



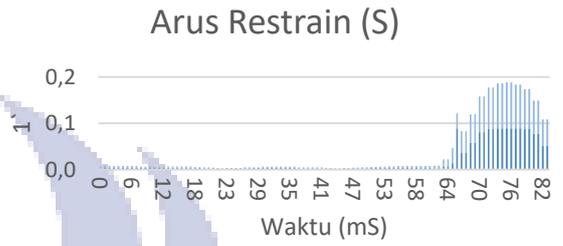
(b)

**Gambar 12** Hasil pengujian relay differensial dengan *BP-NN* (a) CT sisi primer (b) CT sisi sekunder  
(Sumber : Data primer, 2018)

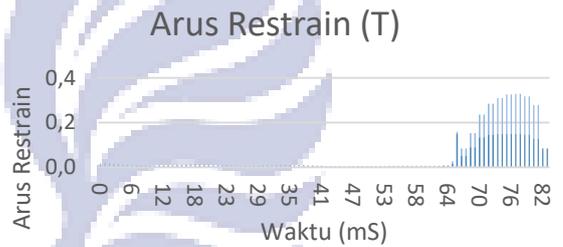
Hasil dari gambar 11 dan 12 merupakan pengujian relay differensial dengan gangguan internal dan dengan *BP-NN* yaitu untuk tanpa *BP-NN* pada gambar 11 (a) maksimal didapatkan adalah 0,000004665 A dan pada gambar 11 (b) maksimal didapatkan adalah 0,000001122 A lalu untuk dengan *BP-NN* pada gambar 12 (a) maksimal didapatkan adalah 0,07523 A dan pada gambar 12 (b) maksimal didapatkan adalah 0,07509 A dengan parameter horizontal adalah waktu (mS) serta parameter vertical adalah arus rating dari CT. lalu arus differensial adalah 0,6966 pu dengan slope 1 yaitu 0,1 pu dan slope 2 yaitu 0,8 pu maka relay differensial mengeluarkan perintah trip ke PMT tanpa *BP-NN* dan tidak mengeluarkan perintah trip ke PMT dengan *BP-NN*.



(a)



(b)

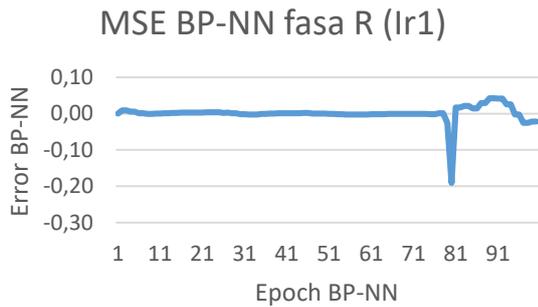


(c)

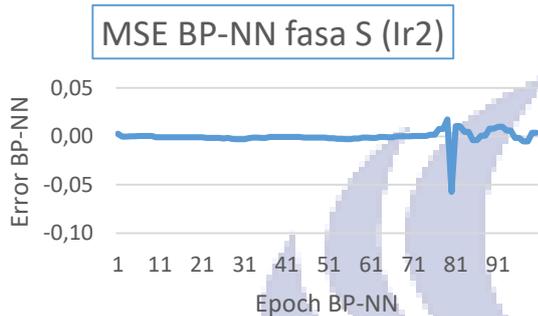
**Gambar 13** Grafik Perbandingan Hasil Data PT.PLN dengan Output *BP-NN* (a) fasa R (b) fasa S (c) fasa T  
(Sumber : Data Primer, 2018)

Pada Gambar 13 mengilustrasikan grafik perbandingan hasil data PT. PLN dengan Output *BP-NN* (a) fasa R (b) fasa S (c) fasa T dapat dilihat bahwa hasil simulasi pemodelan *BP-NN* pada relay differensial didapatkan nilai lebih kecil daripada data arus restrain dari PT.PLN.

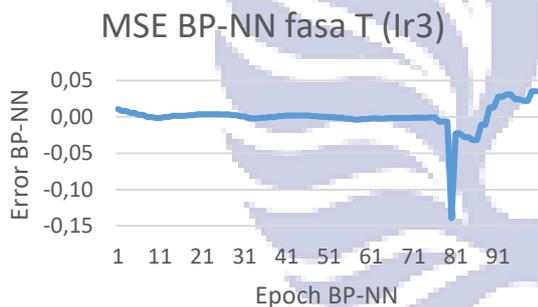
Dari gambar 14 dibawah ini dapat dilihat bahwa untuk hasil perbandingan target dan output dari metode *Backpropagation Neural Network (BP-NN)* didapatkan Mean Square Error (*MSE*) sebesar 0,000420 dengan latihan jaringan (Epoch) antara 1 dan 100. Jadi dapat diketahui bahwa pemodelan *BP-NN* pada relay differensial didapatkan hasil error yang akurat.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 14** Grafik MSE BP-NN (a) fasa R (b) fasa S (c) fasa T  
(Sumber : Data Primer, 2018)

mengeluarkan trip ke PMT. Namun, hasil pengujian relay differensial dengan BP-NN didapatkan pada gambar 12 (a) hasil arus primer yang dihasilkan adalah 0,07523 A dan pada gambar 12 (b) arus sekunder adalah 0,07509 A dengan parameter horizontal adalah waktu (mS) serta parameter vertical adalah arus rating dari CT. lalu arus differensial adalah 0,6966 pu dengan slope 1 yaitu 0,1 pu dan slope 2 yaitu 0,8 pu maka relay differensial tidak mengeluarkan trip ke PMT. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan BP-NN didapatkan hasil yang lebih efektif untuk mengurangi potensi kesalahan kerja pada relay differensial.

### Saran

Penelitian ini menggunakan data historis yang telah digunakan pada relay differensial sebelumnya yaitu arus restrain dan arus differensial dari PT.PLN (persero) dengan metode *backpropagation neural network* sebagai perantaranya. Disarankan untuk mengubah pemodelan yang lebih baik seperti ANFIS dan *Generic Algorithm*.

### DAFTAR PUSTAKA

- PT.PLN. 2018. *Single Line Diagram GI Babadan*. Jakarta
- Yudha, Martha Hendra. 2008. *Proteksi Relé: Prinsip dan Aplikasi*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik : Universitas Sriwijaya
- Firdaus, Hari *et all*. 2018. *Pemodelan Relai Diferensial Pada Transformator Daya 25 MVA Menggunakan ANFIS*. Fakultas Teknik : Universitas Riau
- Widodo, Prabowo Pudjo *et all*. 2012. *Penerapan Soft Computing Dengan Matlab* :Bandung
- Siang,Jong Jek. 2009. *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrograman Menggunakan MATLAB* : Yogyakarta

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

Dari hasil penelitian pemodelan BP-NN pada relay differensial, maka didapatkan kesimpulan adalah dengan menggunakan BP-NN, didapatkan Mean Square Error (MSE) pada gambar 14 sebesar 0,000420 dan pada hasil pengujian relay differensial tanpa BP-NN didapatkan pada gambar 11 (a) hasil arus primer yang dihasilkan adalah 0,000004665 A dan pada gambar 11 (b) didapatkan hasil arus sekunder adalah 0,000001122 A dengan parameter horizontal adalah waktu (mS) serta parameter vertical adalah arus rating dari CT. lalu arus differensial adalah 0,6966 pu dengan slope 1 yaitu 0,1 pu dan slope 2 yaitu 0,8 pu maka relay differensial