



## *Analysis of Overcurrent Release Protection In Feeder System Using Algorithm Neural Network*

### **Analisa Proteksi Rele Arus Lebih pada Sistem Penyulang Menggunakan Algoritma Neural Network**

Akladera Putra Pawigo<sup>1\*</sup>, R.B. Moch. Gozali<sup>2</sup>, Samsul Bachri Masmachofari<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

E-Mail: <sup>1</sup>akladerapawigo@gmail.com, <sup>2</sup>rbm\_gozali@yahoo.com, <sup>3</sup>samsulbachri\_m@yahoo.com

Received Jun 12th 2021; Revised Jul 21th 2021; Accepted Aug 25th 2021  
Corresponding Author: Akladera Putra Pawigo

#### **Abstract**

*Each disturbance has properties of the different faultin which there is disorder taht is temporary (contemporary) and there is the old nature (permanent), no exception overcurrent interference and if the fault isn't addressed it will damage the system of the distribution network. Therefore, its need a proper security system according with the type of the disturbance and according with the function of the seat in order to overcome any interference good happened, efficient, and handal. The method using in this study is the use of neural network method. Overcurrent relay is a protection relay whose working principle is based onthe amount of input current and is very suitable for protecting againts overcurrent interference. Overcurrent relay will work when there is an increase in current that exceeds a certain safety value and within certain a period of time. Neural network or Artificial Neural Network (ANN) is a network consisting a group of small processing units that are presented based on neural network in humans. Like a biological neural networks, artificial neural network have the ability to learn and adapt to the given input.*

*Keyword: Disturbance, Neural Network, Overcurrent Interference, Overcurrent Relay, Protection.*

#### **Abstrak**

Setiap gangguan memiliki sifat gangguan yang berbeda-beda dimana ada gangguan yang bersifat sementara (kontemporer) dan ada yang bersifat lama (permanen), tidak terkecuali gangguan arus lebih dan apabila gangguan tersebut tidak diatasi akan merusak sistem jaringan distribusi. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem keamanan yang tepat sesuai dengan jenis gangguan dan sesuai dengan fungsi kedudukan agar dapat mengatasi gangguan yang terjadi dengan baik, efisien, dan handal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggunaan metode *neural network*. Rele arus lebih adalah rele proteksi yang prinsip kerjanya didasarkan pada besaran arus masukan dan sangat cocok untuk proteksi terhadap gangguan arus lebih. Rele arus lebih akan bekerja bila terjadi kenaikan arus yang melebihi nilai pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu. Jaringan saraf tiruan atau *Artificial Neural Network* (ANN) adalah jaringan yang terdiri dari sekelompok unit pemrosesan kecil yang disajikan berdasarkan jaringan saraf pada manusia. Seperti halnya jaringan syaraf biologis, jaringan syaraf tiruan memiliki kemampuan untuk belajar dan beradaptasi dengan masukan yang diberikan.

Kata Kunci: Gangguan Arus Lebih, Gangguan, Jaringan Saraf Buatan, Proteksi, Rele Arus Lebih

#### **1. PENDAHULUAN**

Kebutuhan akan listrik merupakan sebuah kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Listrik juga merupakan sumber energi utama pada sektor industri, Seperti pada PT. Paiton Operation and Maintenance Indonesia (POMI) Paiton, Jawa Timur, yang merupakan perusahaan swasta yang bergerak dalam bidang pengoperasian dan perawatan PLTU untuk unit 7 dan 8 yang merupakan unit pembangkit turbo generator berbahan bakar batubara dengan kapasitas 2 x 645 MW (*full load*). Kedua unit ini beroperasi dengan *capacity factor* pertahun rata-rata sebesar 85%, memproduksi listrik rata-rata 9.158.580 MW/tahun untuk menyuplai kebutuhan listrik di Jawa dan Bali, serta menghabiskan sekitar 4,6 juta ton batubara pertahun. Untuk sebuah pembangkit, menghasilkan listrik dibutuhkan beberapa proses yang saling terkait. Sehingga ancaman gangguan

terhadap peralatan listrik akan mempengaruhi kinerja dari unit lainnya. Sehingga diperlukan sebuah sistem proteksi untuk mencegah terjadinya kerusakan akibat gangguan sedini mungkin.

Berdasarkan latar belakang di atas, berikut ini adalah beberapa masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini yaitu bagaimana cara kerja rele arus lebih PT. POMI yang tepat setelah dilakukannya perhitungan konvensional dan proses menggunakan metode *Neural Network*. Bagaimana perbandingan nilai *setting* yang sesuai untuk rele harus lebih dari PT. POMI jika dibandingkan dari hasil perhitungan konvensional dengan menggunakan metode *Neural Network*. Serta bagaimana hasil dan tingkat performansi dari simulasi koordinasi rele arus lebih milik PT. POMI dengan membandingkan hasil perhitungan setting konvensional dan *Neural Network*.

Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui cara kerja relai arus lebih yang tepat dari hasil nilai *setting* dengan menggunakan metode *Neural Network* agar mengetahui sistem proteksi yang handal dan bekerja optimal, dapat mengetahui perbandingan nilai *setting* yang sesuai dari perbandingan perhitungan konvensional dengan metode *Neural Network* agar dapat memudahkan dalam menentukan nilai *setting* yang akan digunakan pada relai arus lebih, dan membandingkan hasil performansi dari hasil simulasi koordinasi rele proteksi berdasarkan hasil perhitungan konvensional dan hasil setting menggunakan *Neural Network* [1].

## 2. LANDASAN TEORI

Rele merupakan peralatan yang terdiri dari kontak-kontak yang mampu menutup rangkaian alarm/rangkaian gulungan kerja ketika mendapat isyarat tertentu dari rangkaian lain. Rele proteksi diperlukan hampir di semua bagian sistem tenaga listrik, dan tidak ada bagian pada sistem tenaga listrik yang luput dari proteksi. Umumnya, gangguan pada sistem tenaga listrik tidak bisa dihilangkan, karena ada beberapa faktor penyebab seperti: kondisi instalasi atau peralatan yang buruk, kondisi alam (hujan, petir, angin yang menyebabkan pohon tumbang) dan lainnya[2].

Tujuan utama dari sistem proteksi adalah mendeteksi keadaan abnormal (gangguan) dan mengisolir peralatan yang mengalami gangguan. Rele proteksi merupakan peralatan yang sangat penting guna kelangsungan beroperasinya tenaga listrik. Untuk menjamin keandalan dari sebuah sistem tenaga listrik, rele proteksi harus mampu memenuhi persyaratan-persyaratan kualitas, karena persyaratan ini sangat penting[3]. Diantaranya:

1. Kecepatan
2. Selektivitas
3. Sensitivitas
4. Keandalan
5. Kesederhanaan

Rele Arus Lebih (*Over Current Relay*) merupakan rele proteksi prinsip kerjanya berdasarkan besarnya arus masukan dan sangat cocok untuk melindungi dari gangguan arus lebih. Rele Arus Lebih akan bekerja ketika terjadi peningkatan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu. Rele akan bekerja bila suatu gangguan terjadi di dalam daerah perlindungan rele, besarnya arus gangguan (If) juga dinyatakan oleh gulungan sekunder trafo arus (CT). Rele akan bekerja apabila memenuhi keadaan:

1. Jika  $I_f > I_p$ , maka rele akan bekerja (trip).
2. Jika  $I_f < I_p$ , maka rele tidak akan bekerja (block).

Gangguan adalah setiap keadaan dimana sistem yang tidak normal, umumnya gangguan terdiri dari hubung singkat (*short circuit*) dan rangkaian terbuka (*open circuit*). Gangguan hubung singkat lebih sering terjadi dibandingkan dengan gangguan-gangguan rangkaian terbuka. Gangguan hubung singkat diartikan sebagai gangguan yang terjadi disebabkan adanya penurunan kekuatan dasar isolasi antara sesama kawat fasa ataupun antara kawat fasa dengan tanah yang menyebabkan kenaikan arus secara berlebihan. Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi dalam jaringan (sistem kelistrikan) diantaranya :

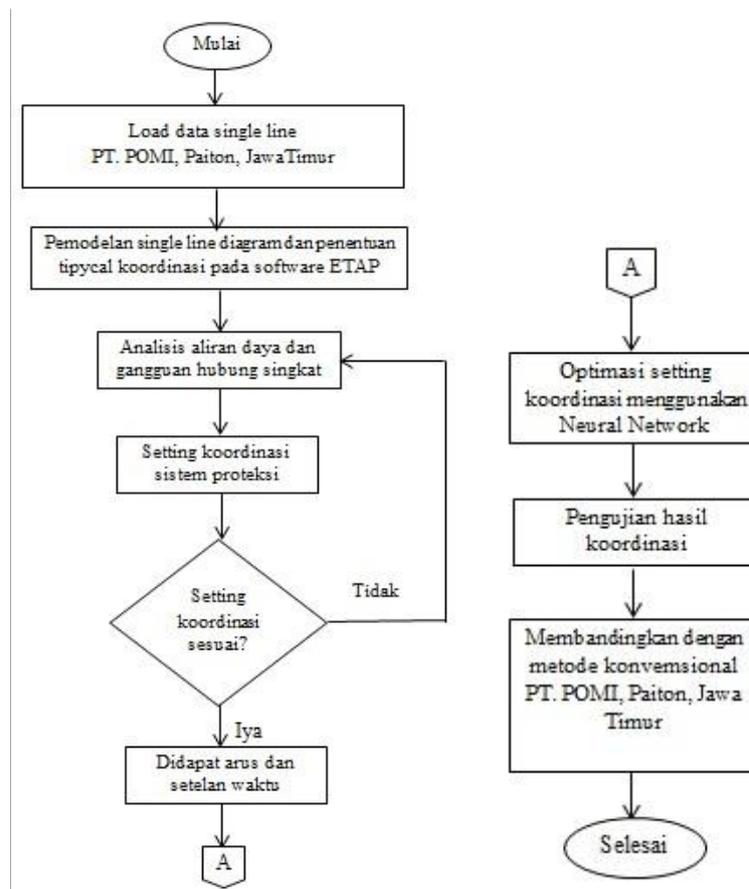
1. Gangguan hubung singkat tiga fasa.
2. Gangguan hubung singkat dua fasa.
3. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

*Neural Network* atau jaringan saraf tiruan (JST) merupakan jaringan yang terdiri atas sekelompok unit pemroses kecil yang dipresentasikan berdasarkan jaringan saraf pada manusia. Seperti jaringan saraf biologis, *Neural Network* memiliki kemampuan untuk belajar dan beradaptasi terhadap masukan-masukan yang diberikan.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tahapan Alir Penelitian

Pada proses penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang harus dilaksanakan. Adapun tahapan yang akan dilaksanakan seperti dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

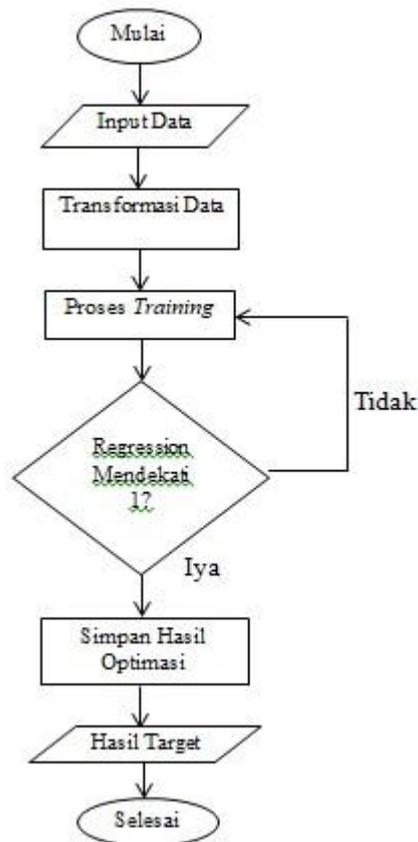
### 3.2 Perencanaan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan koordinasi rele arus lebih di PT. POMI, Paiton, Jawa Timur secara optimal dengan cara meminimalkan nilai setting TMS pada tiap-tiap rele yang dikoordinasikan. Koordinasi yang optimal akan menciptakan sistem kelistrikan yang handal dan selektif untuk menangani gangguan yang terjadi[4]. Dari sistem kelistrikan yang dimiliki PT. POMI, Paiton, Jawa Timur akan dipilih beberapa tipikal koordinasi untuk menganalisa setelan koordinasi rele arus lebih. Sebagai berikut :

- a. Tipikal 1  
Koordinasi rele arus lebih dari Transformator 7EX-XFMR-GSU 45 MVA, hingga Transformator 7EZ-XFMR-GSU 1600 kVA dan Transformator 8EZ-XFMR-GSU 1600 kVA.
- b. Tipikal 2  
Koordinasi rele arus lebih dari Transformator 7EX-XFMR-GSU 45 MVA, hingga Transformator 7EZ-XFMR-AT 1600 kVA dan Transformator 8EZ-XFMR-AT 1600 kVA.
- c. Tipikal 3  
Koordinasi rele arus lebih dari Eksitasi Generator Transformator 8EX-XFMR- EXC 1000 kVA bus 60BBA dan Station Service Transformator 8EM-XFMR-C1 4,1/2,5/1,6 MVA hingga rele Incoming dan Outgoing yang melindungi beban pada buss 60BBA.

### 3.3 Optimasi Menggunakan Neural Network

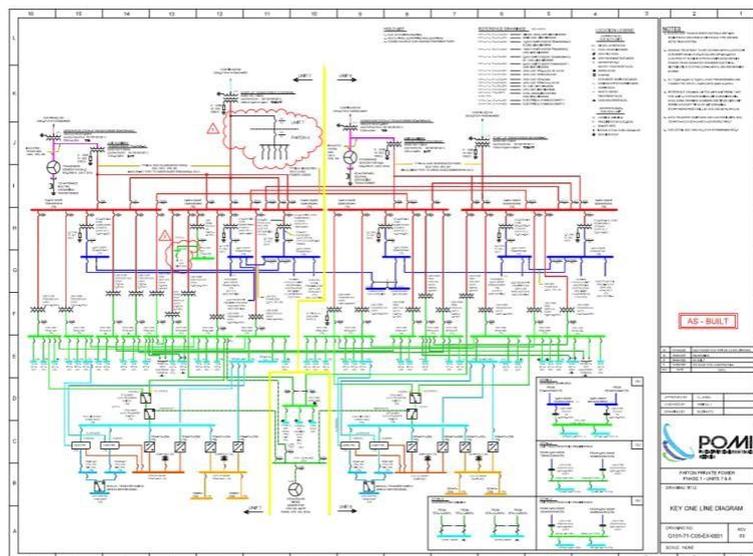
Setelah mendapatkan nilai setting dari hasil perhitungan konvensional, maka selanjutnya adalah proses optimasi dengan metode *neural network* dengan bantuan software Matlab R2013a. Perancangan optimasi ini dimaksudkan untuk melakukan perhitungan secara algoritma menggunakan *neural network* dari data hasil perhitungan manual sebagai input dan targetnya. Adapun tahapan-tahapan optimasi yang akan dilalui sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Optimasi *Neural Network*

#### 4. HASIL DAN ANALISIS

Pemodelan dari sistem kelistrikan PT. POMI Paiton, Jawa Timur dilakukan dengan cara membuat *single line diagram* menggunakan *software* ETAP 16.0.0, yang dimana *substation* ini menggunakan jaringan dengan tipe jaringan radial yang memiliki kelebihan yang lebih sederhana.



Gambar 3. Sistem Kelistrikan Station Service PT. POMI

Dari *single line diagram* yang disajikan pada kedua gambar diatas, ada beberapa transformator dan rele yang melindungi peralatan listrik yang akan menjadi fokus pada penelitian ini yang dibedakan berdasarkan tipikal koordinasi yang telah dipilih, rele-rele tersebut akan bekerja dan berkoordinasi untuk melindungi

peralatan-peralatan yang berada pada tipikal koordinasi yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada tabel berikut akan ditampilkan spesifikasi transformator yang masuk dalam tipikal koordinasi yang akan dibahas.

**Tabel 1.** Spesifikasi Transformator pada Station Service PT. POMI

| ID Transformator | Prim/Sec/Ter (kV) | Power Rating (MVA) | Impedance |
|------------------|-------------------|--------------------|-----------|
| 7EX-XFMR-GSU     | 150/10,5/10,5     | 90/45/45           | 12%       |
| 8EZ-XFMR-AT      | 10/0,42/0,42      | 3,2/1,6/1,6        | 6%        |
| 7EZ-XFMR-AT      | 10/0,42/0,42      | 3,2/1,6/1,6        | 6%        |
| 8EZ-XFMR-GSU     | 10/0,42           | 1,6                | 6,25%     |
| 7EZ-XFMR-GSU     | 10/0,42           | 1,6                | 12,5%     |
| 8EM-XFMR-C1      | 10/0,725/0,42     | 4,1/2,5/1,6        | 6%        |
| 8EX-XFMR-EXC     | 10/0,725          | 1                  | 4,1%      |

Koordinasi rele pada PT. POMI memiliki ketentuan yang dimana rele berkoordinasi adalah rele yang ada paling dekat dengan titik gangguan (rele utama) dan rele yang berada pada upstream (hulu) sebagai rele cadangannya. Berikut spesifikasinya.

**Tabel 2.** Data Spesifikasi Rele yang Dikoordinasikan di PT. POMI

| ID Rele       | Type   | Manufacture | CT Ratio | Model | Curve Type   |
|---------------|--------|-------------|----------|-------|--------------|
| Rele EA-1     | 7SJ511 | Siemens     | 350/1    | 5P20  | Very Inverse |
| Rele A-1      | 7SJ511 | Siemens     | 200/1    | 10P10 | Very Inverse |
| Rele A-2      | 7SJ511 | Siemens     | 00/1     | 10P10 | Very Inverse |
| Rele B-1      | 7SJ511 | Siemens     | 200/1    | 10P10 | Very Inverse |
| Rele B-2      | 7SJ511 | Siemens     | 100/1    | 10P10 | Very Inverse |
| Rele Recloser | 7SJ511 | Siemens     | 3000/1   | 10P10 | Very Inverse |
| Rele Incoming | 7SJ511 | Siemens     | 3000/1   | 10P10 | Very Inverse |
| Rele P-1      | 7SJ511 | Siemens     | 250/1    | 10P10 | Very Inverse |
| Rele P-2      | 7SJ511 | Siemens     | 60/1     | 10P10 | Very Inverse |

### Perhitungan Arus Beban Penuh

$$FLA = \frac{VA}{\sqrt{3} \times V_u} \tag{1}$$

Dimana :

- VA = Daya pada beban/Trafo (VA)
- FLA = Arus beban penuh (A)
- $V_u$  = Tegangan yang mengalir ke beban (line to line)

**Tabel 3.** Data Hasil Perhitungan FLA secara Konvensional PT. POMI

| ID Bus        | ID Rele       | FLA     | Ratio CT |
|---------------|---------------|---------|----------|
| 00EA          | Rele EA-1     | 346,42  | 350 : 1  |
| BCC           | Rele A-1      | 184,75  | 200 : 1  |
|               | Rele A-2      | 92,37   | 100 : 1  |
| BCD           | Rele B-1      | 184,75  | 200 : 1  |
|               | Rele B-2      | 92,37   | 100 : 1  |
| Bus 8         | Rele Incoming | 1267,81 | 3000 : 1 |
|               | Rele Outgoing | 1267,81 | 3000 : 1 |
| BCA           | Rele P-1      | 236,72  | 250 : 1  |
|               | Rele P-2      | 57,74   | 60 : 1   |
| UP-3 Outgoing | Rele Outgoin  | 769,82  | 4000 : 1 |

Dari hasil perhitungan nilai arus beban penuh dengan bantuan *software* ETAP 16.0.0 didapatkan nilai beban maksimum yang melewati tiap bus, nantinya nilai tersebut akan digunakan sebagai input dalam perhitungan selanjutnya[5]. Berikut merupakan hasil simulasi aliran daya seperti yang ditunjukkan tabel berikut.

**Tabel 4.** Data Hasil Arus Beban Maksimum PT. POMI

| ID Bus | ID Rele   | FLA   | Ratio CT |
|--------|-----------|-------|----------|
| 00EA   | Rele EA-1 | 346,6 | 350 : 1  |
| BCC    | Rele A-1  | 184,8 | 200 : 1  |

| ID Bus | ID Rele       | FLA     | Ratio CT |
|--------|---------------|---------|----------|
| BCD    | Rele A-2      | 92,38   | 100 : 1  |
|        | Rele B-1      | 184,8   | 200 : 1  |
|        | Rele B-2      | 92,38   | 100 : 1  |
| Bus 8  | Rele Incoming | 1267,81 | 3000 : 1 |
|        | Rele Outgoing | 1267,81 | 3000 : 1 |
| BCA    | Rele P-1      | 236,7   | 250 : 1  |
|        | Rele P-2      | 57,74   | 60 : 1   |

### Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

$$I_{sc} = \frac{V}{Z} \quad (2)$$

Dimana,

- $I_{sc}$  = Arus Gangguan 3 phasa  
 $V$  = Tegangan fasa-netral sistem  
 $Z$  = Impedansi

Dari perhitungan ini didapatkan nilai arus hubung singkat maksimum (3 phasa ½ cycle). Hasil simulasi arus singkat maksimum (3 phasa ½ cycle) nantinya akan digunakan untuk keperluan perhitungan *time dial* dalam menentukan setting rele proteksi[6]. Sedangkan hasil simulasi arus hubung singkat minimum nantinya akan digunakan sebagai batasan setting rele instantaneous, supaya rele dapat bekerja secara langsung sesuai dengan time delay yang telah diatur untuk pengamanan gangguan.

**Tabel 5.** Data Arus Hubung Singkat yang Melewati Rele dari PT. POMI

| ID Bus  |             | Rele     | Isc Max. Simulasi | Isc Max. Konvensional | Error % |
|---------|-------------|----------|-------------------|-----------------------|---------|
| From    | To          |          |                   |                       |         |
| EA      | Semua       | EA       | 40,16             | 40,205                | 0,11    |
| BCC     | BCC 2.1     | A1       | 40,83             | 41,535                | 1,7     |
| BCC     | BCC 1       | A2       | 8,274             | 8,367                 | 1,11    |
| BCD     | BCD 1       | B2       | 2,183             | 2,186                 | 0,14    |
| BCD     | BCD 2.1     | B1       | 41,33             | 41,535                | 0,5     |
| BCD     | Bus 9       | Outgoing | 41,33             | 41,535                | 0,5     |
| Bus 9   | BBA 20      | Incoming | 41,33             | 41,535                | 0,5     |
| BBA 20  | BBA 20_2 .1 | P1       | 41,33             | 41,535                | 0,5     |
| BB A 20 | BBA 20_1    | P2       | 6,489             | 6,489                 | 0,03    |

### Perhitungan Setting Rele dan Rekomendasi Rele pada PT. POMI

#### Koordinasi Rele pada Tipikal 1

Rele yang bekerja pada koordinasi tipikal 1 ini adalah koordinasi rele arus lebih EA-1 pada transformator 7EX-XFMR-GSU 90/45/45 MVA, rele A-1 pada transformator 8EZ-XFMR-AT 3,2/1,6/1,6 MVA dan rele A-2 pada transformator 8EZ-XFMR-GSU 1,6 MVA.

**Tabel 6.** Data Hasil Perhitungan Manual Tipikal 1

| ID Rele   | Iset (A) | Ipick up (A) | TMS (s) | T (s)  |
|-----------|----------|--------------|---------|--------|
| Rele A-1  | 226,32   | 1,13         | 1,33    | 0,1001 |
| Rele A-2  | 113,17   | 2,26         | 1,068   | 0,199  |
| Rele EA-1 | 424,35   | 1,21         | 3,47    | 0,499  |

#### Koordinasi Rele pada Tipikal 2

Rele yang bekerja pada koordinasi tipikal 2 ini adalah koordinasi rele arus lebih EA-1 pada transformator 7EX-XFMR-GSU 90/45/45 MVA, rele B-1 pada transformator 7EZ-XFMR-AT 3,2/1,6/1,6 MVA dan rele B-2 pada transformator 7EZ-XFMR-GSU 1,6 MVA.

**Tabel 7.** Data Hasil Perhitungan Manual Tipikal 2

| ID Rele   | Iset (A) | Ipick up (A) | TMS (s) | T (s)  |
|-----------|----------|--------------|---------|--------|
| Rele B-1  | 226,32   | 1,13         | 1,34    | 0,0994 |
| Rele B-2  | 92,38    | 2,26         | 0,135   | 0,1992 |
| Rele EA-1 | 424,35   | 1,21         | 3,47    | 0,499  |

## Koordinasi Rele pada Tipikal 3

Rele yang bekerja pada koordinasi tipikal 2 ini adalah koordinasi rele arus lebih EA-1 pada transformator 7EX-XFMR-GSU 90/45/45 MVA, rele *Outgoing* dan rele *incoming* yang melindungi beban-beban yang ada pada bus 60BBA, rele P-1 pada transformator 8EM-XFMR-C1 4,1/2,5/1,6 MVA dan rele P-2 pada transformator 8EX-XFMR- EXC 1 MVA.

**Tabel 8.** Data Hasil Perhitungan Manual Tipikal 3

| ID Rele       | Iset (A) | Ipick up (A) | TMS (s) | T (s) |
|---------------|----------|--------------|---------|-------|
| Rele P-1      | 289,972  | 1,16         | 0,945   | 0,1   |
| Rele P-2      | 70,722   | 1,18         | 1,344   | 0,199 |
| Rele Incoming | 1564,08  | 0,5214       | 0,94    | 0,4   |
| Rele Outgoing | 1564,08  | 0,5214       | 1,32    | 0,67  |

**Perhitungan Setting Menggunakan Neural Network**

Perhitungan *setting* rele menggunakan *neural network* dilakukan dengan memasukkan dua data sebagai *input*, sedangkan untuk *output* dengan satu data sebagai targetnya. Proses *training* dilakukan hingga nilai *regression* mendekati 1 atau sama dengan 1, dengan begitu dapat dikatakan bahwa *output* yang didapat sesuai dengan keinginan[7]. Namun, sebelum memulai proses *training* pada NN dapat ditentukan terlebih dahulu beberapa parameter-parameter yang digunakan, seperti:

1. Jumlah Iterasi = 100
2. Target Error =  $1e-15$
3. Jumlah hidden layer dan neutron
4. *Transfer function* = tansig
5. *Training algorithm* = Lavenberg
6. Marquart

**Tabel 9.** Input dan Target PT. POMI

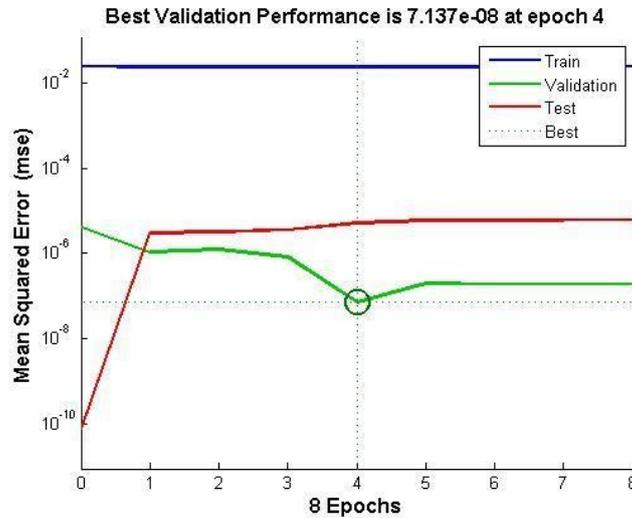
| Tipikal | Input   |       |         | Target |        |
|---------|---------|-------|---------|--------|--------|
|         | Isc max | TMS   | Iset    | IP     | T      |
| 1       | 40,83   | 1,33  | 226,32  | 1,13   | 0,1001 |
|         | 8,274   | 1,068 | 113,17  | 2,26   | 0,199  |
|         | 40,16   | 3,47  | 424,35  | 1,21   | 0,499  |
| 2       | 41,33   | 1,34  | 226,32  | 1,13   | 0,0994 |
|         | 2,183   | 0,135 | 92,38   | 2,26   | 0,1992 |
|         | 40,16   | 3,47  | 424,35  | 1,21   | 0,499  |
| 3       | 41,33   | 0,945 | 289,972 | 1,16   | 0,1    |
|         | 6,489   | 1,344 | 70,722  | 1,18   | 0,199  |
|         | 41,33   | 0,94  | 1564,08 | 0,5214 | 0,4    |
|         | 41,33   | 1,32  | 1564,08 | 0,5214 | 0,67   |
|         | 40,16   | 3,47  | 424,35  | 1,21   | 0,499  |

Pada optimasi koordinasi rele arus lebih dengan metode *neural network* menggunakan arsitektur jaringan lapis banyak (*multilayer*) data yang diambil bersifat acak, sehingga dilakukan percobaan beberapa kali dengan jumlah neuron yang berbeda hingga hasil yang diinginkan didapatkan. Pada proses ini dilakukan percobaan menggunakan 1 neuron hingga 10 neuron. Dimana pada setiap percobaan dilakukan *training* selama 5 kali atau lebih, lalu dipilih nilai yang paling bagus yaitu nilai hasil *training* yang nilai MSE (*Mean Squared Error*) sangat kecil dan nilai *regression* mendekati 1.

**Tabel 10.** Nilai MSE dari Neuron pada Koordinasi Proteksi PT. POMI

| Jumlah Neuron | MSE      |
|---------------|----------|
| 1             | 1,86e-02 |
| 2             | 1,15e-01 |
| 3             | 1,13e-04 |
| 4             | 3,30e-04 |
| 5             | 1,22e-04 |
| 6             | 1,56e-02 |
| 7             | 1,26e-01 |
| 8             | 7,14e-08 |
| 9             | 7,40e-06 |
| 10            | 2,66e-04 |

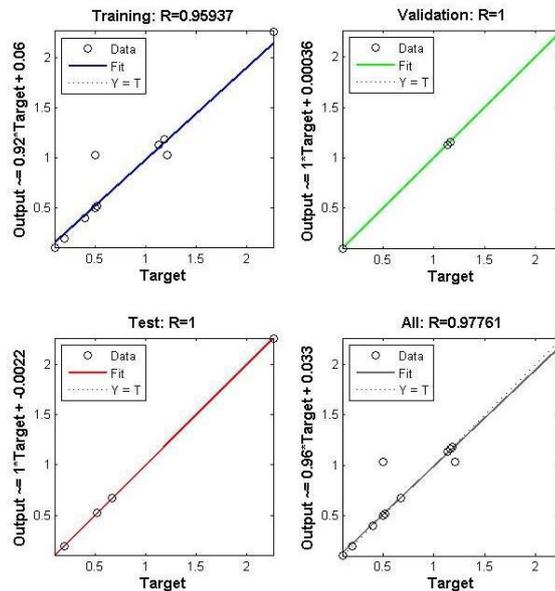
Dari data tabel 10 diatas kemudian dapat ditransformasikan kedalam bentuk grafik untuk mempermudah proses analisa dan membandingkan hasil output dari MSE yang didapat pada setiap jumlah parameter neuron yang diuji.



**Gambar 4.** Plot Peformance dengan Jumlah Neuron 8 pada Koordinasi Proteksi PT. POMI

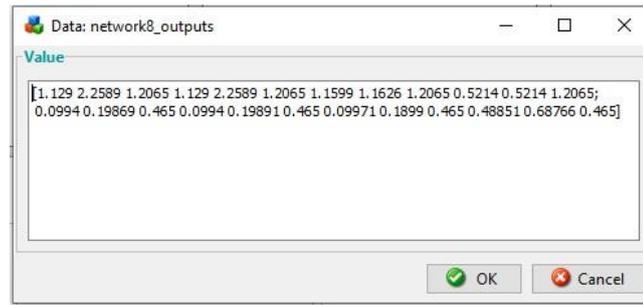
Pada diatas menunjukkan nilai performance hasil training dari koordinasi proteksi PT. POMI, ketika percobaan dengan neuron 8 dimana proses iterasi didapatkan dengan grafik yang menurun dari berhenti dengan nilai MSE didapat sebesar  $1,14 \times 10^{-8}$  dan proses iterasi terhenti pada iterasi ke 4 dimana hasil ini merupakan hasil output yang hampir mendekati target error yang diinginkan yaitu sebesar  $1 \times 10^{-10}$  dibandingkan dengan hasil output lainnya.

Untuk dapat menganalisa dan mengevaluasi ini dengan cara menggunakan pendekatan analisa *regression* terhadap respon jaringan dan target yang diinginkan, seperti pada gambar 7 dan 8 berikut.



**Gambar 5.** Plot Regression State dengan Jumlah Neuron 8

Hasil regresi tersebut dapat dikatakan data yang dihasilkan sudah akurat dengan target data yang diinginkan. Dan hasil optimasi tersebut didapatkan *output* seperti yang dijelaskan pada gambar 6.



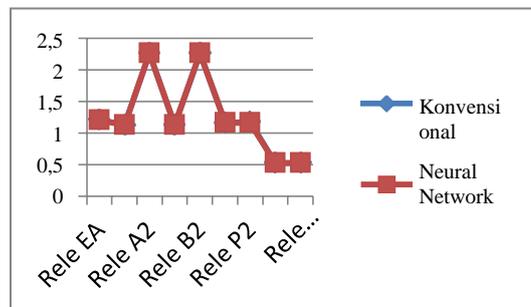
Gambar 6. Output Optimasi Neural Network PT.POMI

Hasil Optimisasi Menggunakan *Neural Network*

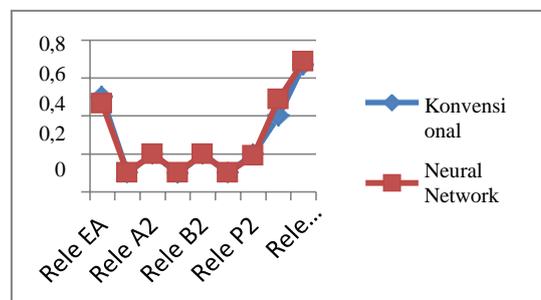
Tabel 11. Hasil *Output* Optimasi NN dengan perhitungan konvensional PT.POMI

| Rele          | Ip Konvensional | Ip NN  | Error% | T Konvensional | T NN   | Error% |
|---------------|-----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| Rele EA       | 1,21            | 1,2065 | 0,29   | 0,499          | 0,4650 | 6,8    |
| Rele A1       | 1,13            | 1,1290 | 0,09   | 0,101          | 0,0994 | 0,3    |
| Rele A2       | 2,26            | 2,2589 | 0,05   | 0,199          | 0,1987 | 0,15   |
| Rele B1       | 1,13            | 1,1290 | 0,09   | 0,099          | 0,0994 | 0,4    |
| Rele B2       | 2,26            | 2,2589 | 0,05   | 0,199          | 0,1989 | 0,05   |
| Rele P1       | 1,16            | 1,1599 | 0,01   | 0,1            | 0,0997 | 0,29   |
| Rele P2       | 1,18            | 1,1626 | 1,5    | 0,199          | 0,1899 | 4,79   |
| Rele Incoming | 0,5214          | 0,5214 | 0      | 0,4            | 0,4885 | 1      |
| Rele Outgoing | 0,5214          | 0,5214 | 0      | 0,67           | 0,6877 | 0,33   |

Jika dilihat dari selisih angka maupun nilai error yang dihasilkan dari proses perhitungan algoritma *neural network* sangat mendekati nilai dari hasil perhitungan secara manual, sehingga dapat dianalisa bahwa dengan melalui perbandingan grafik dapat dikatakan bahwa hasil dari perhitungan algoritma *neural network* sangat mendekati nilai dari perhitungan konvensional yang dapat dijadikan sebagai target data pada proses optimasi.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Ip Konvensional dan Ip NN PT. POMI



Gambar 8. Grafik Perbandingan T Konvensional dan T NN PT. POMI

Dari grafik pada gambar 7 dan 8 diatas disajikan data dari keseluruhan hasil perhitungan konvensional dan *neural network* untuk keperluan analisa perbandingan, dimana dari data diatas selisih perbandingan dari kedua data sangat kecil. Untuk hasil error disajikan pada tabel 19.

### Hasil Analisa Koordinasi Menggunakan *Neural Network*

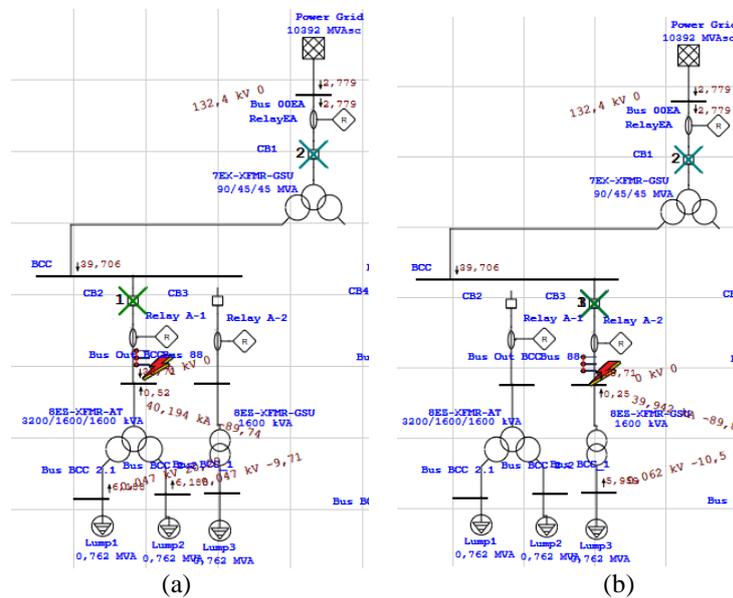
#### Hasil Koordinasi Proteksi PT. POMI Tipikal 1

Pada koordinasi proteksi di tipikal 1 ini terdapat 3 rele yang berkoordinasi. Diantaranya adalah rele A-1 dan rele A-2 yang bertindak sebagai rele utamanya, sedangkan untuk rele yang berfungsi sebagai rele *back up* adalah rele EA. Berikut rangkuman data yang disajikan.

Tabel 12 Perbandingan Hasil Perhitungan Konvensional dengan Algoritma NN pada Tipikal Koordinasi 1 PT. POMI

| Rele     | Ip Konvensional | Ip NN  | Error% | T Konvensional | T NN   | Error% |
|----------|-----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| Rele A-1 | 1,13            | 1,1290 | 0,09   | 0,1001         | 0,0994 | 0,3    |
| Rele A-2 | 2,26            | 2,2589 | 0,05   | 0,199          | 0,1987 | 0,15   |
| Rele EA  | 1,21            | 1,2065 | 0,29   | 0,499          | 0,465  | 6,81   |

Nilai Output NN diatas kemudian disimulasikan kembali dengan menggunakan ETAP 16.0.0. berikut merupakan hasil simulasi dan kurva TCC rele yang berkoordinasi.

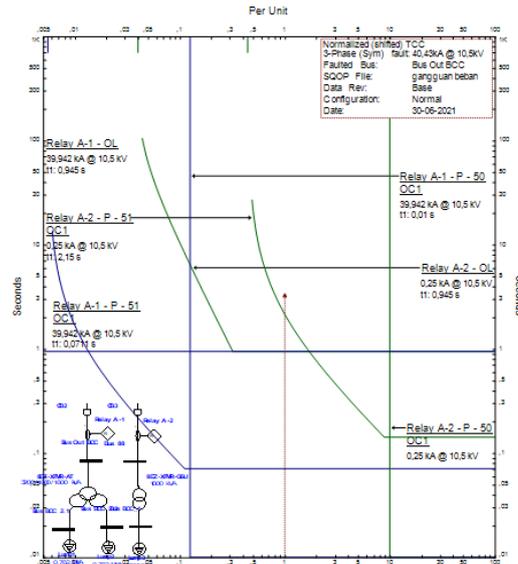


Gambar 9. (a) *Single Line* Koordinasi Rele A-1 (b) *Single Line* Koordinasi Rele A-2

| Time (ms) | ID        | #(kA)  | T1 (ms) | T2 (ms) | Condition                                     |
|-----------|-----------|--------|---------|---------|---|
| 71.1      | Relay A-1 | 39.706 | 71.1    |         | Phase - DCI - 51                              |
| 91.1      | CB2       | 20.0   |         |         | Tripped by Relay A-1 Phase - DCI - 51         |
| 945       | Relay A-1 | 39.706 | 945     |         | Overload Phase - Thermal                      |
| 945       | Relay EA  | 2.779  | 945     |         | Overload Phase - Thermal                      |
| 965       | CB1       | 20.0   |         |         | Tripped by Relay EA Overload Phase - Thermal  |
| 965       | CB2       | 20.0   |         |         | Tripped by Relay A-1 Overload Phase - Thermal |
| 1187      | Relay EA  | 2.779  | 1187    |         | Phase - DCI - 51                              |
| 1207      | CB1       | 20.0   |         |         | Tripped by Relay EA Phase - DCI - 51          |

Gambar 10. (a) *Sequence of Operating* Rele A-1 (b) *Sequence of Operating* Rele A-2

Dari gambar 10(a) dan 10(b) menunjukkan bahwa rele A-1 dan A-2 masing-masing memberi perintah CB 2 dan CB 3 untuk *trip* terlebih dahulu dengan arus gangguan sebesar 39,706 kA, kemudian dilanjutkan dengan rele EA untuk memberi perintah CB 1 *trip* dengan arus gangguan sebesar 2,779 kA.



Gambar 11. Kurva TCC Koordinasi Rele pada Tipikal 1

Dari gambar diatas menjelaskan bahwa ketika diberikan gangguan pada sisi primer trafo 8EZ-XFMR-AT dan trafo 8EZ-XFMR-GSU, maka rele A-1 atau rele A-2 akan bekerja terlebih dahulu sebagai pengaman utama, kemudian diikuti dengan rele EA yang bekerja sebagai pengaman cadangan atau *back up protection*.

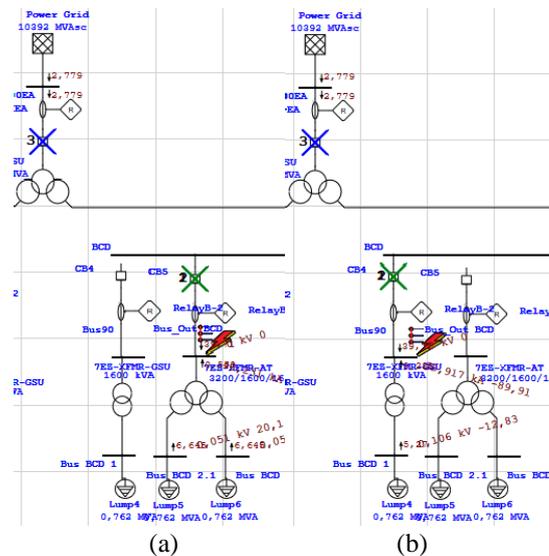
Hasil Koordinasi Proteksi PT. POMI Tipikal 2

Pada koordinasi proteksi di tipikal 2 ini terdapat 3 rele yang berkoordinasi. Diantaranya adalah rele B-1 dan rele B-2 yang bertindak sebagai rele utamanya, sedangkan untuk rele yang berfungsi sebagai rele *back up* adalah rele EA. Berikut rangkuman data yang disajikan.

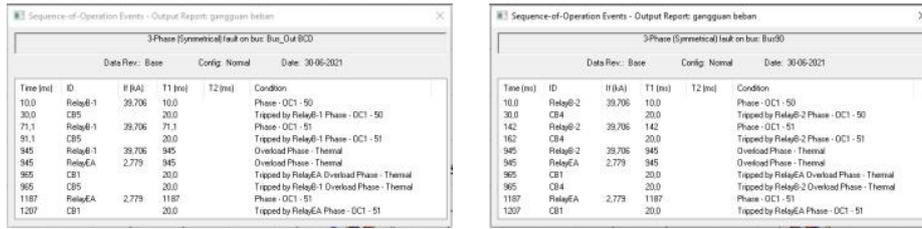
Tabel 13. Perbandingan Hasil Perhitungan Konvensional dengan Algoritma NN pada Tipikal Koordinasi 2 PT. POMI

| Rele     | Ip Konvensional | Ip NN  | Error% | T Konvensional | T NN   | Error% |
|----------|-----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| Rele B-1 | 1,13            | 1,1290 | 0,09   | 0,099          | 0,0994 | 0,4    |
| Rele B-2 | 2,26            | 2,2589 | 0,05   | 0,199          | 0,1989 | 0,05   |
| Rele EA  | 1,21            | 1,2065 | 0,29   | 0,499          | 0,465  | 6,81   |

Nilai *Output* NN diatas kemudian disimulasikan kembali dengan menggunakan ETAP 16.0.0. berikut merupakan hasil simulasi dan kurva TCC rele yang berkoordinasi.

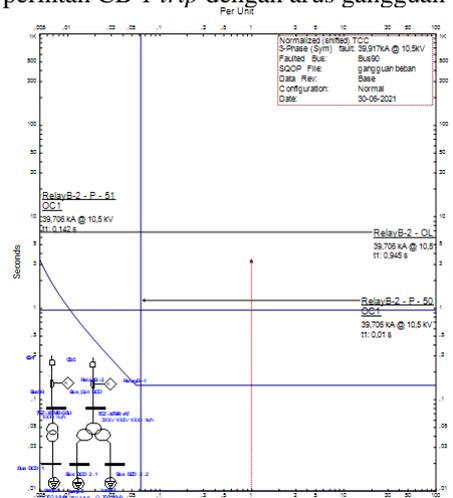


Gambar 12. Single Line Koordinasi Rele B-1 (b) Single Line Koordinasi Rele B-2



(a) *Sequence of Operating Rele B-1* (b) *Sequence of Operating Rele B-2*

Dari gambar 13 (a) dan 13 (b) menunjukkan bahwa rele B-1 dan B-2 masing-masing memberi perintah CB 4 dan CB 5 untuk *trip* terlebih dahulu dengan arus gangguan sebesar 39,706 kA, kemudian dilanjutkan dengan rele EA untuk memberi perintah CB 1 *trip* dengan arus gangguan sebesar 2,779 kA.



**Gambar 14.** Kurva TCC Koordinasi Rele pada Tipikal 2

Dari gambar diatas menjelaskan bahwa ketika diberikan gangguan pada sisi primer trafo 7EZ-XFMR-AT dan trafo 7EZ-XFMR-GSU, maka rele B-1 atau rele B-2 akan bekerja terlebih dahulu sebagai pengaman utama, kemudian diikuti dengan rele EA yang bekerja sebagai pengaman cadangan atau *back up protection*.

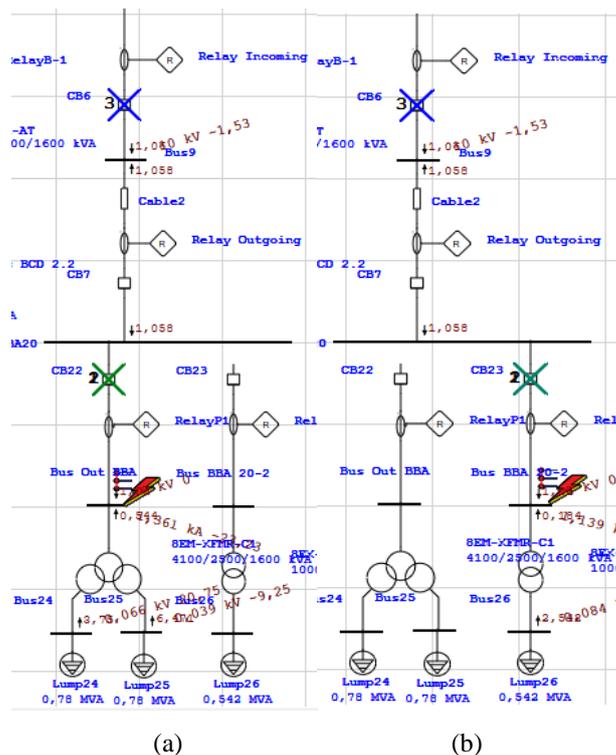
Hasil Koordinasi Proteksi PT. POMI Tipikal 3

Pada koordinasi proteksi di tipikal 3 ini terdapat 4 rele yang berkoordinasi. Diantaranya adalah rele P-1 dan rele P-2 yang bertindak sebagai rele utamanya, sedangkan untuk rele yang berfungsi sebagai rele *back up* adalah rele *incoming* dan rele *outgoing*. Berikut rangkuman data yang disajikan.

Tabel 14. Perbandingan Hasil Perhitungan Konvensional dengan Algoritma NN pada Tipikal Koordinasi 3 PT. POMI

| Rele          | Ip Konvensional | Ip NN  | Error % | T Konvensional | T NN   | Error % |
|---------------|-----------------|--------|---------|----------------|--------|---------|
| Rele P-1      | 1,16            | 1,1599 | 0,01    | 0,1            | 0,0997 | 0,29    |
| Rele P-2      | 1,18            | 1,1626 | 1,5     | 0,199          | 0,1899 | 4,79    |
| Rele Incoming | 0,5214          | 0,5214 | 0       | 0,4            | 0,4885 | 1       |
| Rele Outgoing | 0,5214          | 0,5214 | 0       | 0,67           | 0,6877 | 0,33    |

Nilai Output NN diatas kemudian disimulasikan kembali dengan menggunakan ETAP 16.0.0. berikut merupakan hasil simulasi dan kurva TCC rele yang berkoordinasi.



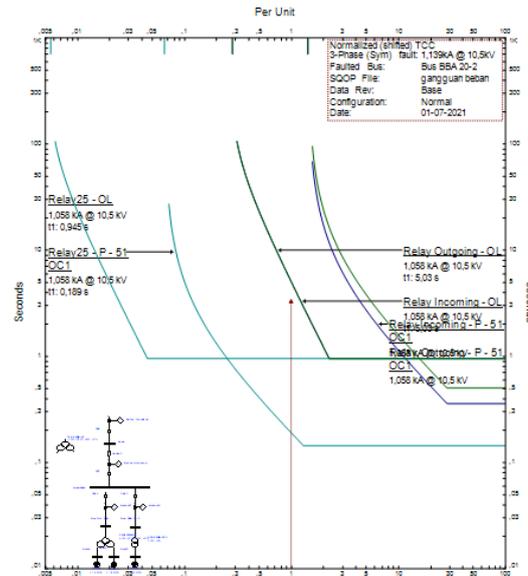
Gambar 15. (a) Single Line Koordinasi Rele P-1 (b) Single Line Koordinasi Rele P-2

| Sequence-of-Operation Events - Output Report: gangguan beban |                |                |         |             |                       | Sequence-of-Operation Events - Output Report: gangguan beban |                |                |         |             |                       |
|--|----------------|----------------|---------|-------------|-----------------------|--|----------------|----------------|---------|-------------|-----------------------|
| 3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Bus Out BBA              |                |                |         |             |                       | 3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Bus BBA 20-2             |                |                |         |             |                       |
| Data Rev.: Base  |                | Config: Normal |         | Date: 01-07 |                       | Data Rev.: Base  |                | Config: Normal |         | Date: 01-07 |                       |
| Time (ms)  | ID             | If (kA)        | T1 (ms) | T2 (ms)     | Condition             | Time (ms)  | ID             | If (kA)        | T1 (ms) | T2 (ms)     | Condition             |
| 495  | RelayP1        | 1,058          | 495     |             | Phase - OC1 - 51      | 189  | RelayP1        | 1,058          | 189     |             | Phase - OC1 - 51      |
| 515  | CB22           |                | 20,0    |             | Tripped by RelayP1    | 209  | CB23           |                | 20,0    |             | Tripped by RelayP1    |
| 945  | RelayP1        | 1,058          | 945     |             | Overload Phase - Th   | 945  | RelayP1        | 1,058          | 945     |             | Overload Phase - Th   |
| 965  | CB22           |                | 20,0    |             | Tripped by RelayP1    | 965  | CB23           |                | 20,0    |             | Tripped by RelayP1    |
| 5028   | Relay Incom... | 1,058          | 5028    |             | Overload Phase - Th   | 5028   | Relay Incom... | 1,058          | 5028    |             | Overload Phase - Th   |
| 5048   | Relay Outgo... | 1,058          | 5048    |             | Overload Phase - Th   | 5048   | Relay Outgo... | 1,058          | 5048    |             | Overload Phase - Th   |
| 5048   | CB6            |                | 20,0    |             | Tripped by Relay Inco | 5048   | CB6            |                | 20,0    |             | Tripped by Relay Inco |
| 5048   | CB7            |                | 20,0    |             | Tripped by Relay Out  | 5048   | CB7            |                | 20,0    |             | Tripped by Relay Out  |
| 15161  | RelayEA        | 0,074          | 15161   |             | Overload Phase - Th   | 15161  | RelayEA        | 0,074          | 15161   |             | Overload Phase - Th   |
| 15181  | CB1            |                | 20,0    |             | Tripped by RelayEA    | 15181  | CB1            |                | 20,0    |             | Tripped by RelayEA    |

Gambar 16. (a) Sequence of Operating Rele P-1 (b) Sequence of Operating Rele P-2

Dari gambar 16(a) dan 16(b) menunjukkan bahwa rele B-1 dan B-2 masing-masing memberi perintah CB 22 dan CB 23 untuk *trip* terlebih dahulu dengan arus gangguan sebesar 1,058 kA, kemudian dilanjutkan dengan rele *Incoming* dan *Outgoing* untuk memberi perintah CB 6 dan CB 7 *trip* dengan arus gangguan sebesar 1,058 kA. Selanjutnya rele EA yang melindungi transformator 7EX-XFMR-GSU akan memutus dengan gangguan sebesar 0,074 kA.

Dari gambar 17 menjelaskan bahwa ketika diberikan gangguan pada sisi primer trafo 8EM-XFMR-C1 dan trafo 8EX-XFMR-EXC, maka rele P-1 atau rele P-2 akan bekerja terlebih dahulu sebagai pengaman utama, kemudian diikuti dengan rele *incoming* dan *outgoing* yang bekerja sebagai pengaman cadangan atau *back up protection*.



**Gambar 17.** Kurva TCC Koordinasi Rele pada Tipikal 3

## REFERENSI

- [1] Y. Yusmartato, "Analisa Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang LM5 Di Gardu Induk Lamhotma," *J. Electr. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 30–36, 2016.
- [2] P. Sinaga, "Evaluasi Koordinasi Sistem Proteksi Pada Sistem Kelistrikan PT. Semen Padang (Persero) Tbk Akibat Adanya Penambahan Pabrik Baru Indarung VI," 2016, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/41482/>.
- [3] M. Alfian Fadli Jauhari, "Koordinasi Proteksi Arus Lebih Adaptif pada Sistem Distribusi Ring dengan Pembangkit Tersebar Menggunakan Artificial Neural Network," p. 155, 2017, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/44161/>.
- [4] S. Kusmaryanto, "Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Pengenalan Wajah Metode Ekstraksi Fitur Berbasis Histogram," *J. EECCIS Vol. 8, No. 2, Desember 2014*, vol. 8, no. 2, pp. 193–198, 2014.
- [5] Bahri, "Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember," 2019.
- [6] C. M. Shiddiq, "Optimasi Koordinasi Rele Arus Lebih Menggunakan Fuzzy Logic (Studi Kasus: PT. INALUM)," 2018, [Online]. Available: <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/9674>.
- [7] Rizky Fadhli Hasben, "DIGITAL ARTIFICIAL NEURAL NETWORK PADA SISTEM MESH DENGAN," 2016.