

Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih pada Sistem Distribusi Radial Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik

Andy Frediansyah¹⁾, Mochammad Facta²⁾, dan Susatyo Handoko³⁾

^{1,2,3)}Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro

^{1,2,3)}Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

e-mail: andykendal78@gmail.com¹⁾, mhdfacta@gmail.com²⁾, susatyo73@gmail.com³⁾

ABSTRACT

To reduce damage to electrical power equipment, protective equipment is needed that is designed as well as possible, so that the protection relay can isolate faults in parts of the distribution network as fast as possible. This backup protection need appropriate relay coordination, so that could protect, if it happens of a primary protection failure. To provide the best service to customers, it is necessary to coordinate the protection relay in the electric power system. To provide protection, the protection relay in the electric power system must be properly coordinated. In this study, we will make a simulation to calculate the TDS and *Ipickup* values of the overcurrent relay using a artificial neural network backpropagation with software Matlab R2016a. The results of this study can determine the value of TDS (Time Dial Setting) and *Ipickup* (Current pickup) by overcome the main problem of overcurrent relay protection coordination at the Ammurea II Factory PT. Petrokimia Gresik using a method artificial neural network backpropagation. And, also obtained the results of the minimum value of MSE (Mean Square Error) with the process using the method artificial neural network backpropagation.

Keywords: *Ipickup*, artificial neural network backpropagation, protection relay coordination, Protection relay, TDS (Time Dial Setting).

ABSTRAK

Untuk mengurangi kerusakan pada peralatan tenaga listrik, maka dibutuhkan peralatan proteksi yang didesain sebaik mungkin, sehingga relai proteksi dapat mengisolasi gangguan pada bagian dari jaringan distribusi secepat mungkin. Proteksi cadangan ini membutuhkan koordinasi relai yang tepat, agar dapat memproteksi, apabila terjadi kegagalan pada proteksi utama. Untuk memberikan pelayanan yang terbaik kepada pelanggan, maka perlu dilakukannya koordinasi relai proteksi pada sistem tenaga listrik. Untuk memberikan proteksi, maka relai proteksi dalam sistem tenaga listrik harus dikoordinasikan dengan baik. Pada penelitian ini akan melakukan pembuatan simulasi untuk menghitung nilai TDS dan *Ipickup* rele arus lebih menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dengan *software* Matlab R2016a. Hasil penelitian ini dapat menentukan nilai dari TDS (*Time Dial Setting*) dan *Ipickup* (*Arus pickup*) dengan mengatasi permasalahan utama dari koordinasi proteksi relai arus lebih pada Pabrik Ammurea II PT. Petrokimia Gresik dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *Backpropagation*. Dan, juga didapatkan hasil nilai minimal dari MSE (*Mean Square Error*) dengan proses menggunakan jaringan syaraf tiruan *Backpropagation*.

Kata kunci: *Ipickup*, jaringan syaraf tiruan *backpropagation*, koordinasi relai proteksi, Relai proteksi, TDS (*Time Dial Setting*).

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan tenaga listrik dari tahun ke tahun selalu meningkat tajam [1]. Unit pembangkit, Trafo Daya, Trafo Distribusi, Trafo Arus, Trafo Tegangan, Relay, Isolator, Kabel, Bus Bar, Pemutus Rangkaian, Saluran Transmisi, dan Saluran Distribusi merupakan komponen dari Sistem Tenaga Listrik [1]. Gangguan pada sistem tenaga listrik seperti gangguan satu fasa ke tanah, gangguan dua fasa ke tanah, gangguan fasa ke fasa dan gangguan 3 fasa, ini bisa terjadi di bagian mana saja dari sistem tenaga listrik. Pada lokasi gangguan yang di ambil dari sisi sumber tenaga listrik, ini juga menentukan dari tingkat gangguan yang disebabkan oleh impedansi gangguan. Analisis gangguan dibutuhkan untuk menghitung tingkat gangguan dalam beraneka macam titik gangguan pada sistem tenaga listrik [1].

Untuk mengurangi kerusakan pada peralatan tenaga listrik, untuk meminimalkan gangguan sistem, yang dapat mempengaruhi keandalan dalam menyalurkan tenaga listrik pada jaringan distribusi. Maka dibutuhkan peralatan proteksi yang didesain sebaik mungkin, sehingga relai proteksi dapat mengisolasi gangguan pada bagian dari jaringan distribusi secepat mungkin [1]. Dapat memisahkan bagian dari sistem tenaga listrik yang mengalami gangguan sekecil mungkin ini merupakan selektifitas dari pengoperasian sistem proteksi. Dapat membedakan antara kondisi gangguan dan normal, ini merupakan fungsi dari Relai proteksi.

Proteksi cadangan ini membutuhkan koordinasi relai yang tepat, agar dapat memproteksi, apabila terjadi kegagalan pada proteksi utama. untuk memberikan pelayanan yang terbaik kepada pelanggan dan untuk memperoleh sistem yang andal, maka perlu dilakukannya

Koordinasi Relai Proteksi pada sistem tenaga listrik. Untuk terjadinya kesalahan ini, seringkali terjadi pada sistem tenaga listrik yang lebih besar [1]. Untuk memberikan proteksi utama dan proteksi cadangan, maka relai proteksi dalam sistem tenaga listrik harus dikoordinasikan dengan baik [1].

Pengoperasian relai yang cepat, selektif, dan andal untuk mengisolasi bagian yang sedang bermasalah pada sistem tenaga listrik merupakan syarat yang harus dimiliki oleh skema koordinasi relay, karena koordinasi relai merupakan faktor yang penting dalam merancang sistem proteksi. Bekerjanya beberapa peralatan tenaga listrik seperti CT (Trafo Arus), Relai Proteksi, Rangkaian Trip, dan CB (*Circuit Breaker*) secara bersama-sama merupakan kerja Tim dari Relai Proteksi [2].

Untuk menjaga selektivitas antara perangkat tenaga listrik yang mungkin saja akan mengalami gangguan, untuk memastikan bahwa pengoperasian tenaga listrik yang aman dan meningkatnya keandalan dari sistem tenaga listrik ini merupakan tujuan dari Koordinasi perangkat proteksi [3]. Relai arus lebih yaitu umumnya banyak dipakai untuk sistem tenaga listrik. Untuk meminimalkan pemadaman listrik dan kontinuitas dalam penyaluran tenaga listrik ke konsumen, maka peralatan proteksi harus dikoordinasikan dengan baik. Konsep yang mendasari masalah koordinasi yaitu tentang perhitungan pengaturan TDS (*Time Dial Setting*) dan perhitungan *I pickup* (arus *pickup*) [4].

Pada bagian mana pun dari sistem tenaga listrik ini, biasanya sering mengalami gangguan seperti gangguan hubung singkat tiga fase, fase ke fase, fase ke ground, dan dua fase ke ground. Arus yang mengalir dalam jumlah yang sangat besar, melalui sistem yang bergantung pada impedansi peralatan sistem tersebut, ini disebabkan oleh gangguan hubung singkat. Peralatan proteksi sistem tenaga listrik ini akan dioperasikan untuk mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat [5].

Untuk menjaga kelancaran dalam pengoperasian dan pengendalian sistem tenaga listrik, maka fungsi dari Sistem proteksi sangat penting. Skema proteksi yang dirancang dengan tepat, maka akan memberikan suplai daya yang kontinyu atau terus-menerus kepada konsumen. Skema proteksi ini, melindungi peralatan tenaga listrik utama di jaringan distribusi, dengan tujuan untuk menghindari kerusakan pada peralatan tenaga listrik selama kondisi abnormal (tidak normal) [6].

Koordinasi yang mempunyai waktu operasi relay sekecil mungkin merupakan koordinasi yang baik. Untuk mengatasi masalah koordinasi pengaturan relai proteksi, yaitu dapat menggunakan kecerdasan buatan. Pada perhitungan setting relai akan jauh lebih cepat, apabila memakai jaringan syaraf tiruan. Untuk target suatu algoritma, ini dapat menggunakan semua hasil dari perhitungan pengaturan relai proteksi. Algoritma

jaringan syaraf tiruan dapat secara akurat untuk memprediksi pengaturan relai proteksi yang tetap, apabila terjadi perubahan pada setiap operasi pembangkit. Jaringan syaraf tiruan dengan metode backpropagation digunakan sebagai proses pembelajaran pada penelitian ini. [7].

Untuk mendapatkan pengaturan relay proteksi adaptif, apabila kondisi dari sistem tenaga listrik berubah, maka digunakannya algoritma backpropagation pada penelitian ini. *Single line diagram* dari Pabrik Ammurea II PT. Petrokimia Gresik akan digunakan sebagai bahan pengujian, pada skema proteksi adaptif. Hasil simulasi akan diuji dalam simulasi di Etap 12.6.0 untuk memastikan apabila setting-an proteksi relay arus lebih, yang sesuai telah didapatkan, sesudah melakukan simulasi dengan berbagai tipikal. Dalam memperoleh algoritma adaptif ini, setelah itu akan digunakan untuk mengatur OCR (*Over Current Relay*) di jaringan distribusi radial yang merupakan tujuan dari penelitian ini. Jaringan syaraf tiruan backpropagation ini, merupakan hasil simulasi dari pengaplikasian pengaturan relai proteksi pada jaringan distribusi radial. [7].

Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan membahas tentang koordinasi proteksi rele arus lebih pada sistem distribusi radial dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation di Pabrik Ammurea II PT. Petrokimia Gresik. Dengan harapan adanya koordinasi proteksi relay arus lebih dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation ini, akan bisa mengurangi terjadinya gangguan hubung singkat yang bisa saja terjadi, dengan tujuan untuk mengamankan peralatan – peralatan tenaga listrik yang terpasang dan juga untuk menjaga keandalan pada sistem distribusi tenaga listrik tersebut [8].

II. LANDASAN TEORI

A. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yaitu gangguan yang terjadi karena adanya kesalahan diantara bagian-bagian yang bertegangan. Gangguan hubung singkat bisa juga terjadi akibat adanya isolasi yang tembus atau rusak karena tidak tahan terhadap tegangan lebih, baik yang berasal dari dalam maupun yang berasal dari luar (misalnya : akibat dari sambaran petir) [9]. Gangguan hubung singkat ini bisa terjadi pada gangguan satu fasa ketanah, gangguan dua fasa ke tanah, gangguan dua fasa, dan gangguan tiga fasa, gangguan hubung singkat yang terjadi dapat bersifat sebagai permanen maupun temporer. Pada Gangguan hubung singkat permanen, ini dapat terjadi pada kumparan trafo daya dan pada kabel yang diakibatkan karena arus gangguan hubung singkat fasa ke tanah atau antar fasa, maka konduktor menjadi panas yang dapat berpengaruh pada minyak trafo daya ataupun isolasi [10].

B. Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Proteksi atau alat pengaman merupakan suatu alat yang berguna untuk melindungi atau memproteksi suatu sistem penyaluran tenaga listrik dengan cara membatasi arus lebih (*over current*) atau tegangan lebih (*over voltage*) yang melewati sistem tenaga listrik tersebut, dan meneruskannya ke tanah (*ground*). Selanjutnya proteksi atau alat pengaman harus bisa mengendalikan tegangan sistem supaya kontinuitas penyaluran ke pusat konsumen tidak mengalami gangguan hingga batas waktu yang tidak dapat ditentukan. Alat proteksi juga harus bisa mengalirkan arus lebih dengan tidak merusak alat proteksi tersebut dan peralatan listrik lainnya [9].

C. Rele Arus Lebih

Rele Arus Lebih yaitu Rele proteksi yang awal dan cukup sederhana yang sering dipakai untuk mengamankan jaringan sistem tenaga listrik. Seiring dengan berjalannya waktu, rele proteksi ini selanjutnya mulai berkembang dari pengaplikasian yang sederhana memakai satu rele sampai beberapa rele yang disetting secara bertingkat berdasarkan pada besarnya arus gangguan yang berbeda-beda sesuai lokasi gangguannya.

Proteksi arus bertingkat ini bertujuan supaya rele proteksi tersebut dapat menyelesaikan suatu gangguan secara diskriminatif sesuai dengan lokasi gangguannya. Dan faktor lain yang juga perlu diamati supaya sebuah rele arus lebih bisa beroperasi secara stabil dan tepat, oleh sebab itu perbedaan antara arus hubung singkat minimal dengan arus beban maksimal harus bernilai besar. Ini dibutuhkan supaya rele arus lebih itu, tidak dapat beroperasi terhadap arus beban lebih maksimum. Pada dasarnya rele arus lebih bisa dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu : rele arus lebih biasa atau non direksional dan rele arus lebih yang dilengkapi dengan elemen arah [11].

D. Pengaturan Rele Arus Lebih Waktu Inverse

Pada rele arus lebih waktu invers ini, mempunyai nilai batas setting yaitu rele tidak bisa beroperasi pada saat beban maksimal, sehingga setting arus dari rele ini harus lebih besar dari arus beban penuh dari alat-alat yang akan diproteksi. Pada rele arus lebih waktu invers ini, terdiri atas dua bagian *setting* yaitu *setting pickup* dan *setting time dial*. I_{set} merupakan arus *pickup* dalam satuan ampere. Pada rele arus lebih, besarnya arus *pickup* diperoleh dengan melakukan pemilihan tap. Pada pemilihan besarnya nilai tap, dapat ditentukan dengan memakai persamaan berikut ini [12] :

$$Tap = \frac{I_{set}}{CT \text{ Primary}} \quad (1)$$

I_{set} yaitu arus *pickup* dalam satuan ampere. Pada pengaturan rele arus lebih waktu invers, untuk menentukan arus *pickup* yang dipakai sebagai acuan

pada rele saat memulai operasi ketika terjadi gangguan. Berikut ini yaitu cara menentukan arus *pickup* yang berdasarkan pada standar *British Standard BS 142 :1,05* $FLA \leq I_{set} \leq 1,4 FLA$, Dimana FLA adalah arus beban penuh dari peralatan [13].

Sedangkan untuk *time dial* yang digunakan untuk penyetelan waktu operasi rele. Untuk menentukan nilai *time dial* dari masing-masing kurva karakteristik *invers* rele arus lebih dapat digunakan persamaan berikut ini [12].

$$td = \frac{K \times TDS}{\left[\left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}}\right)^\alpha - 1\right]} \quad (2)$$

Dimana:

td = waktu operasi (*sekon*)

TDS = *time dial setting*

$I_{sc \max}$ = arus hubung singkat maksimal (Ampere)

I_{set} = arus *pickup* (Ampere)

k = koefisien invers 1 (lihat pada tabel 1)

α = koefisien invers 2 (lihat pada tabel 1)

TABEL I
KOEFSIEN INVERS TIME DIAL

Tipe Kurva	Koefisien	
	K	α
<i>Standard Inverse</i>	0.14	0.02
<i>Very Invers</i>	13.50	1.00
<i>Extremely Inverse</i>	80.0	2.00

E. Jaringan Syaraf Tiruan

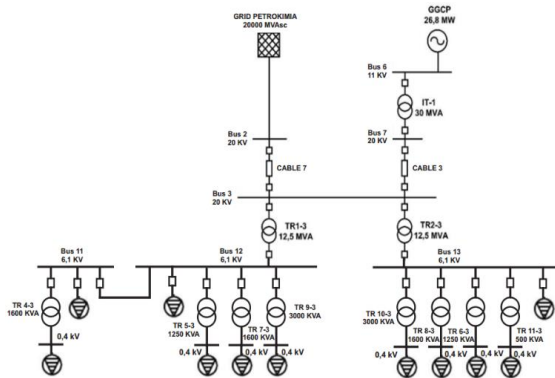
Jaringan Syaraf Tiruan atau *Artificial Neural Network* ialah suatu model pemrosesan komputasi yang terinspirasi dari langkah kerja sistem jaringan syaraf manusia. Pada jaringan syaraf tiruan juga memiliki istilah *neuron* atau biasanya disebut sebagai *node*. Pada setiap *neuron* akan terhubung dengan *neuron* yang lain-nya melalui layer dengan bobot tertentu. Sedangkan pada setiap *neuron* memiliki internal state yang disebut sebagai aktivasi. Aktivasi tersebut adalah fungsi dari inputan atau masukan yang diterima. Suatu *neuron* mengirimkan sinyal ke *neuron - neuron* yang lain-nya [14].

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer yang diambil sendiri oleh peneliti yang bertempat di Desa Sumbersari, Kecamatan Srono, Kabupaten Banyuwangi. Tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi pustaka, pengambilan citra daun ubi, preprocessing citra, segmentasi citra, ekstraksi fitur dan klasifikasi KNN seperti yang digambarkan pada Gambar 1.

III. SISTEM KELISTRIKAN PADA PABRIK AMMUREA II PT. PETROKIMIA GRESIK

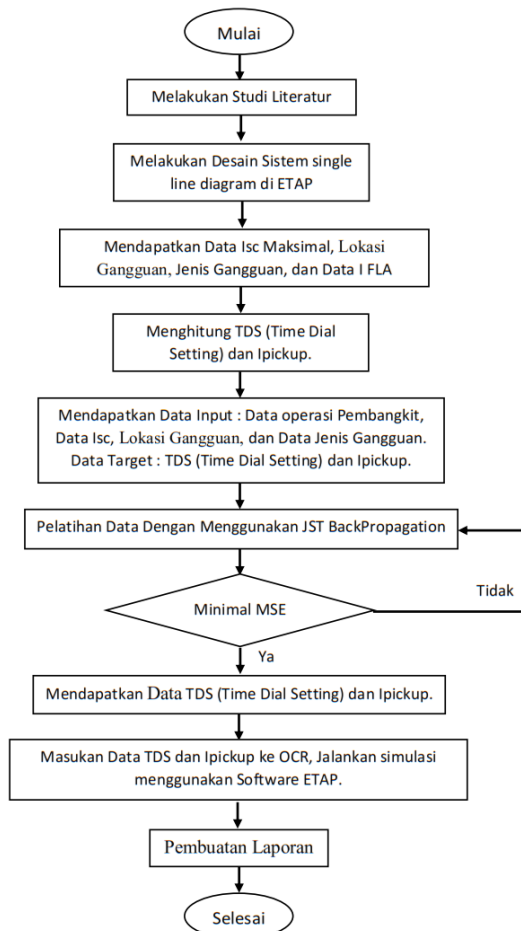
Pabrik Ammurea II merupakan pabrik baru yang didirikan oleh PT. Petrokimia Gresik, yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas dari

produksinya. Hasil produksi pabrik ini, yaitu ammonia dan juga urea. Sistem kelistrikan pada pabrik ammurea II ini disuplai oleh 2 buah sumber energi, yaitu PLN dan pembangkit baru GGCP (Gresik Gas Cogeneration Plant) dengan kapasitas 1 x 26,8 MW. Sistem kelistrikan yang digunakan pada pabrik ini adalah sistem radial dengan tegangan bus 20 kV; 6,3 kV; dan 0,4 kV. Berikut ini adalah Gambar *single line diagram* sederhana dari Pabrik Ammurea II:



Gambar 1. single line diagram sederhana dari Pabrik Ammurea II PT. Petrokimia Gresik

Proses penelitian ini digambarkan dalam sebuah *flowchart* yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. Flow Chart Proses Penelitian

Proses penelitian dimulai dari melakukan studi literatur untuk mencari referensi bahan melalui ebook, buku, dan jurnal ilmiah (*paper*) yang berhubungan dengan koordinasi proteksi arus lebih dan jaringan syaraf tiruan. Selanjutnya, melakukan perancangan desain simulasi sistem *single line diagram* dengan menggunakan software etap 12.6.0. maka selanjutnya akan diperoleh data berupa, status operasi pembangkit, Isc (arus hubung singkat), lokasi terjadinya gangguan, jenis gangguan, dan I FLA. Data tersebut diperoleh dengan melakukan simulasi dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Selanjutnya melakukan perhitungan TDS (*Time Dial Setting*) dan *Ipickup* secara manual dengan menggunakan rumus yang ada. Setelah itu, mengklasifikasikan nilai *input* dan nilai *output*. Data *input* yang akan dijadikan untuk proses dalam jaringan syaraf tiruan yaitu data status operasi pembangkit, Isc (arus hubung singkat), lokasi terjadinya gangguan, dan jenis gangguan. Sedangkan untuk data *output* yang akan digunakan yaitu data TDS (*Time Dial Setting*) dan data *Ipickup* (arus *pickup*).

Pada proses pelatihan (*training*) data yaitu menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan metode yang dipakai yaitu *backpropagation*. Selanjutnya, apabila telah didapatkan nilai minimal dari MSE (*Mean Square Error*) dengan proses menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan, maka selanjutnya akan diperoleh data Output berupa data TDS (*Time Dial Setting*) dan data *Ipickup* (arus *pickup*). Akan tetapi jika tidak diperoleh nilai minimal dari MSE (*Mean Square Error*), maka akan dilakukan proses pelatihan (*training*) ulang data tersebut dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan metode *Backpropagation*. Setelah melakukan pelatihan (*training*) ulang data tersebut dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan maka diperoleh data Output yaitu berupa data TDS (*Time Dial Setting*) dan data *Ipickup* (arus *pickup*). Maka, selanjutnya data tersebut yang diperoleh dari Jaringan Syaraf Tiruan akan dimasukkan ke *Over Current Relay*, yaitu dengan cara melakukan pengaturan atau *men-setting* ulang *Over Current Relay / OCR* (Rele Arus Lebih) yang ada di *Software* ETAP, setelah itu menjalankan simulasi dengan menggunakan *Software* ETAP 12.6.0.

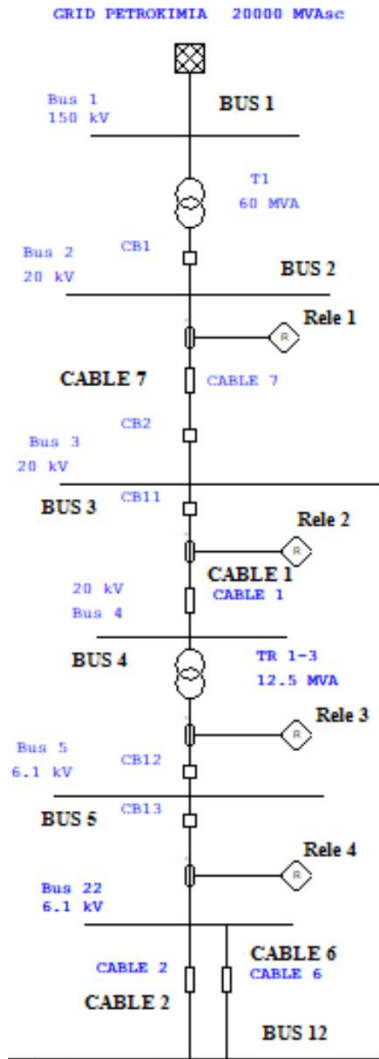
IV. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

A. Pemodelan Sistem Kelistrikan Pada Pabrik Ammurea II PT. Petrokimia Gresik.

Pemodelan sistem Kelistrikan pada Pabrik Ammurea II PT. Petrokimia Gresik ini dilakukan dengan cara membuat *single line diagram* pada *Software* ETAP 12.6.0. Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengambilan nilai arus hubung singkat dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Simulasi arus hubung singkat yang digunakan adalah Isc *max* 3 fasa pada saat 0,5 *cycle*.

B. Koordinasi Proteksi Rele Overcurrent Kasus 1

Pada Kasus 1 terdapat 4 rele yang perlu dikoordinasikan, yaitu rele 4 yang berfungsi untuk mengamankan kabel 2. Dan rele 3 yang berfungsi untuk melindungi Trafo TR 1-3. Sedangkan rele 2 berfungsi untuk melindungi kabel 1. Dan rele 1 yang berfungsi sebagai pengaman pada Grid Petrokimia. Berikut ini adalah gambar *single line diagram* dari kasus 1:



Gambar 3. *Single Line Diagram* Kasus 1

➤ Perhitungan Koordinasi Proteksi Pada Kasus 1

Pada proses perhitungan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *setting* dari *Time Overcurrent Pickup* dan *Time Dial Setting*. Dalam proses perhitungan ini, nilai yang akan dicari yaitu nilai dari *Ipickup* dan TDS, yang mana nilai itu akan digunakan untuk melakukan proses simulasi dengan memakai jaringan syaraf tiruan di Software Matlab. Berikut ini adalah perhitungan *Time Overcurrent Pickup* dan *Time Dial* untuk *setting* pada rele yang ada pada *Single Line Diagram* Pada Kasus 1:

➤ **Rele 4**

Manufacture = ALSTOM

Model = P127
 FLA = 683,6 A
Curve Type = IEC – *Standart Inverse*
Ratio CT = 1000 / 5
Isc Max = 10,94 KA = 10940 A

1. *Time Overcurrent Pickup*

$$1,05 \times FLA < Iset < 1,4 \times FLA$$

$$1,05 \times 683,6 < Iset < 1,4 \times 683,6$$

$$717,78 < Iset < 957,04$$

$$\frac{717,78}{1000/5} < tap < \frac{957,04}{1000/5}$$

$$3,589 < tap < 4,785$$

Dipilih tap = 4,2 In

$$Iset = 4,2 \times \frac{1000}{5}$$

$$= 840 A$$

2. *Time Dial*

Waktu operasi (td) = 0,08 s
Isc max = 10940 A

$$td = \frac{K \times TDS}{\left[\left(\frac{Isc \max}{Iset}\right)^\alpha - 1\right]}$$

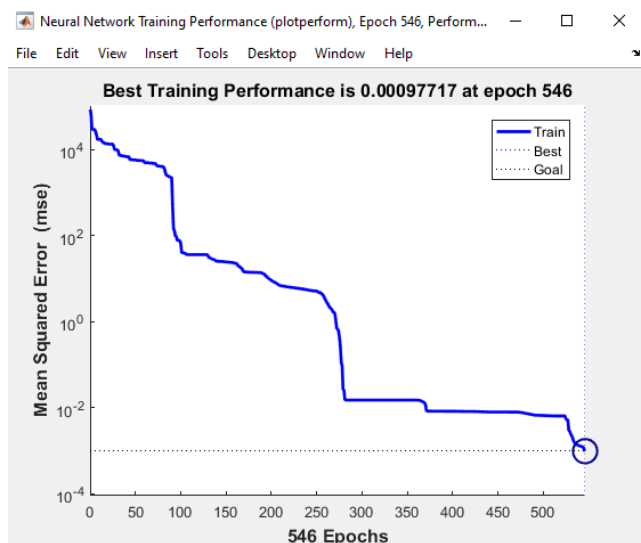
$$0,08 = \frac{0,14 \times TDS}{\left(\frac{10940}{840}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,14 \cdot TDS = 0,0041$$

TDS = 0,03
 dipilih TDS = 0,03

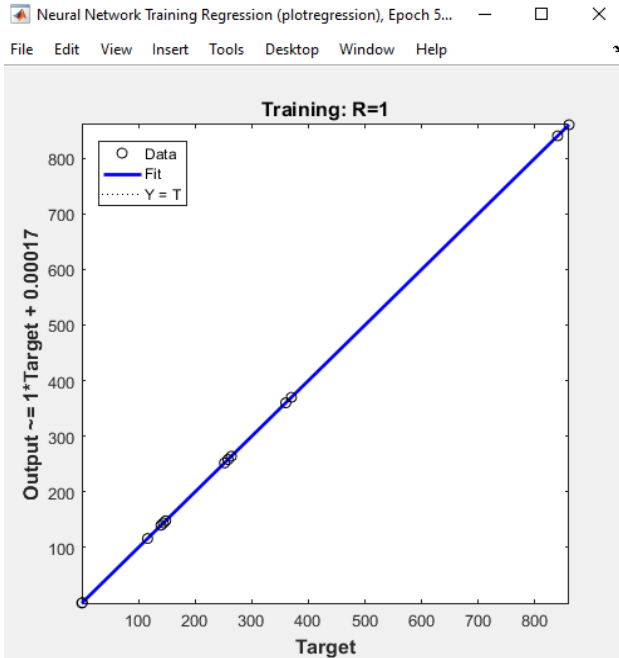
C. Hasil Pelatihan

Pada penelitian ini, semua data target dipakai untuk proses pelatihan menggunakan jaringan syaraf tiruan dan tidak ada data uji yang ditetapkan. Gambar 7, menunjukkan *Plot Performance*. Nilai *Mean Squared Error* (MSE) terbaik yaitu sebesar 0,00097717. Dengan nilai *Mean Squared Error* (MSE) yang kecil ini, dapat menunjukkan bahwa antara keluaran dari jaringan syaraf tiruan dan target hampir sama. 546 iterasi (epoch) merupakan performa pelatihan terbaik yang telah didapat dalam penelitian ini.



Gambar 4. *Plot Performance*

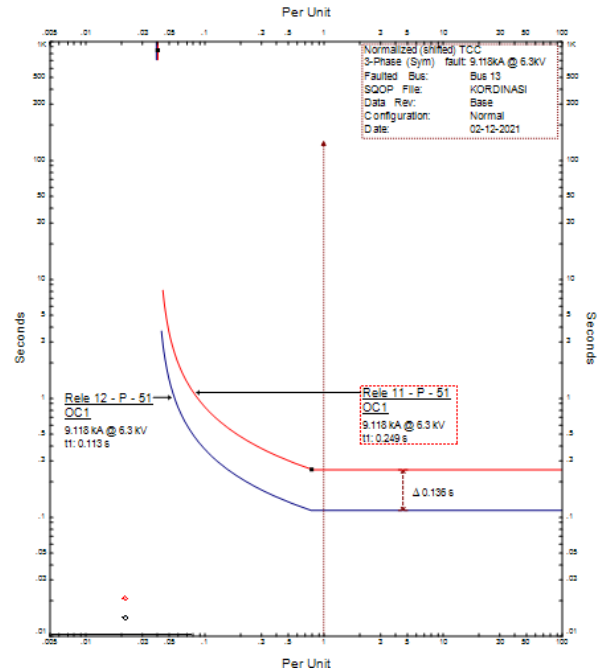
Pada gambar 4, menunjukkan hubungan antara target dengan keluaran jaringan yang sudah sesuai. Dari keluaran jaringan sudah mencari target yang tepat dengan baik, ini dapat diketahui dari garis fit diagonal yang bertepatan sempurna dengan titik data. Tanda lain dapat ditunjukkan dengan hubungan antara input dan target yang dapat disimbolkan dengan nilai R (Regresi) yang bernilai 1.



Gambar 5. Plot Regression

D. Pengujian Menggunakan Simulasi Software ETAP 12.6.0

Software ETAP 12.6.0 ini digunakan untuk mengetahui kebenaran dari keluran jaringan syaraf tiruan yang dilakukan dalam penelitian ini. Selanjutnya yaitu menggunakan nilai TDS dan I_{pickup} , dari keluaran jaringan syaraf tiruan untuk dilakukannya pengujian pada OCR (*Over current Relay*) di Software ETAP 12.6.0, dan setelah itu lakukan simulasi *Star-Protective Device Coordination*. Kemudian lakukan gangguan hubung singkat 3 fasa $\frac{1}{2}$ siklus pada bus 13 untuk mengetahui, apakah rele yang bekerja sudah mengikuti target yang telah dibuat, dan selanjutnya melakukan analisis kurva TCC (*Time Current Curve*). Apabila gangguan terjadi pada bus 13, maka rele 12 yang harus bekerja terlebih dahulu untuk memutuskan arus gangguan dan diikuti oleh rele 11 sebagai rele *backup* atau rele cadangan untuk memutuskan arus gangguan, jika rele 12 tidak dapat memutuskan arus gangguan. Pada gambar 6., menunjukkan bahwa kurva TCC (*Time Current Curve*) dari rele 12, berada dibawah kurva TCC (*Time Current Curve*) dari rele 11 selama terjadinya gangguan. Bisa disimpulkan bahwa settingan dari rele-rele yang diperoleh dari simulasi jaringan syaraf tiruan ini, berpengaruh dalam simulasi ETAP yang beroperasi dengan baik.



Gambar 6. Kurva TCC (*Time Current Curve*) dari Rele 12 dan Rele 11 dengan Lokasi Gangguan di Bus 13.

Hasil plot *time current curve* pada gambar 6 diatas, bisa dilihat bahwa rele-rele itu, settingan-nya sudah benar. Hal itu dapat diketahui karena, jika terjadi arus hubung singkat pada bus 13, maka rele 12 yang akan bekerja terlebih dahulu atau yang pertama kali, selanjutnya rele yang bekerja yaitu rele 11, yang merupakan rele *backup* dari rele 12.

E. Perbandingan antara hasil perhitungan manual dan jaringan syaraf tiruan

Membandingkan keluaran jaringan syaraf tiruan dengan perhitungan manual, ini merupakan pengujian dari kinerja jaringan syaraf tiruan. Pada Tabel II, menunjukkan bahwa hasil TDS dan I_{pickup} dari perhitungan manual dan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan di MATLAB mempunyai hasil yang hampir sama. Hasil keluaran dari jaringan syaraf tiruan dengan perhitungan manual mempunyai kesalahan yang cukup kecil, dan kesalahan itu bisa diabaikan.

TABEL II
HASIL PERHITUNGAN MANUAL DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Rele	TDS Manual	TDS JST	I pickup Manual	I pickup JST
Rele 1	0.44	0.42	252	252
Rele 2	0.32	0.32	264	264
Rele 3	0.11	0.06	860	860
Rele 4	0.03	0.08	840	840
Rele 5	0.81	0.81	264	264
Rele 6	0.73	0.05	258	258
Rele 7	0.51	0.41	148	148
Rele 8	0.63	0.17	144	144
Rele 9	0.32	0.51	140	140
Rele 10	0.37	0.35	116	116
Rele 11	0.13	0.11	370	370
Rele 12	0.03	0.05	360	360

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, hasil simulasi menunjukkan bahwa pembangkit terdistribusi pada sistem distribusi radial, ini berpengaruh terhadap nilai arus hubung singkat di sistem ini. Pada proses pelatihan jaringan syaraf tiruan bisa tercapainya performa yang baik dengan 546 iterasi, dan waktu operasi rele utama ini terletak di antara 0,135 s dan nilai CTI (*coordination time interval*) > 0,2 s antara rele utama dan rele cadangan. Pada penelitian ini, simulasi jaringan syaraf tiruan dibuat menggunakan algoritma *Lavenberg-Marquardt*. Pada data input ini, terdiri dari kombinasi status operasi pembangkit, Isc (Arus Hubung Singkat), lokasi terjadinya gangguan, dan jenis gangguan. Sedangkan untuk data target ini, terdiri dari TDS (*Time Dial Setting*) dan data *Ipickup*. Pada proses pelatihan, data yang diproses harus dilakukan beberapa kali percobaan. Pada penelitian ini, menggunakan 12 baris data input dan 12 baris data target, maka diperoleh nilai *Mean Squared Error* (MSE) yaitu sebesar 0.00097717 dengan memakai 29 neuron pada lapisan tersembunyi. Data dari hasil simulasi jaringan syaraf tiruan, ini akan diuji cobakan dalam *software* ETAP 12.6.0, dan diperoleh hasil bahwa koordinasi rele proteksi masih beroperasi dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anupreyaa K and S. karthiga T. C., "Relay Coordination for Distribution System," *ICONSTEM*, 2016, hal. 337–341.
- [2] J. Sahebkar Farkhani, M. Zareein, H. Soroushmehr & H. M., "Coordination of Directional Overcurrent Protection Relay for Distribution Network With Embedded DG," *Conf. Knowl. Based Eng. Innov*, 2019, hal. 281–286.
- [3] H. Reza, "New Method on the Relays Protective Coordination," 2012, hal. 1–4.
- [4] Swapnil Kumar Yadav, Namami Krishna Sharma, S.C. Choube, & A. V., "Optimal Coordination of Overcurrent Relays in Power Systems for Reliability Assessment Under the Presence of Distributed Generation Using ETAP," 2017, hal. 51–56.
- [5] Salah Kamel, Ahmed Shaban, Ahmed Korashy, Loai Nasrat, Juan Yu, & S. W. "Short Circuit Analysis and Coordination of Overcurrent Relays for a Realistic Substation Located in Upper Egypt," *IEEE Innov. Smart Grid Technol. - Asia (ISGT Asia)*, 2019, hal. 2150–2155.
- [6] Husnain Sadiq, Usman Hameed, Muhammad Nauman rafique, Syed Ahmed Hassan Raza, & K. I., "Impact of PV Penetration on Short Circuit Current of Radial Distributed Feeder and Existing Power System Protection of NUST," 2018, hal. 1–6.
- [7] Daeng Rahmatullah, Belly Yan Dewantara, and I. D. P. "Adaptive DOCR Coordination in Loop Electrical Distribution System With DG Using Artificial Neural Network LMBP," *Int. Semin. Res. Inf. Technol. Intell. Syst. ISRITI 2018*, 2018, hal. 560–565.
- [8] S. K. Sa'adah, "Studi Koordinasi Proteksi Pabrik Ammurea II PT. Petrokimia Gresik," Juli 2017.
- [9] D. Suswanto, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik," Edisi Pert. Padang: Universitas Negeri Padang, 2009, hal. 245- 252.
- [10] W. Sarimun, "Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik," Edisi Pert. Bekasi: Garamond, 2012, hal. 2.
- [11] B. Pandjaitan, "Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik," Edisi Pert. Jakarta: Andi Offset Yogyakarta, 2012, hal. 14.
- [12] Ekka Sheilla Calmara, Margo Pujiantara, and S. A. "Koordinasi Proteksi Sebagai Upaya Pencegahan Terjadinya Sympathetic Trip Di Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim," *J. Tek. ITS*, vol. 5, 2016, hal. 135–141.
- [13] Afif Al Asyad, Margo Pujiantara, and D. A. A. "Evaluasi Kegagalan Koordinasi Proteksi Akibat Hubung Singkat pada Kelistrikan PT. Pertamina RU V Balikpapan," *J.Tek. ITS*, 2020, hal. 14–21.
- [14] Basuki Rahmat and B. N., "Pemrograman Fuzzy Dan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Sistem Kendali Cerdas," Edisi Pert. Surabaya: Indomedia Pustaka, 2019, hal. 73-77.