Studi Koordinasi Proteksi pada Sistem Kelistrikan di PT. Terminal Teluk Lamong Menggunakan Metode Neural Network

Tirtantyo Ridzwansyah[1], Trisna Wati[2]
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2]
trisnaw@itats.ac.id

ABSTRACT

Terminal Teluk Lamong Ltd, which refers to one of the big-scale industries, belongs to the subsidiary company of Pelindo III Ltd. This company operates in the field of services, having automatic facilities. In 2020, there were 20 disturbances of the electrical system causing small values of overcurrent in the PLN phase, less than the standard 0.2-0.3 seconds (thus, it would trip at 0.355 seconds for phase overcurrent). Consequently, those disturbances stopped the operation and brought severe losses. To overcome them, the researcher employed the method of a Neural Network algorithm to gain a more appropriate setting of overcurrent in the protection coordination system (overcurrent relay) at Terminal Teluk Lamong Ltd. The simulation value of overcurrent relay coordination was then compared to the conventional setting using ETAP. After comparing the results, out of 10 times of training and testing, the simulation result of the Neural Network algorithm yielded the smallest error. The value being used was based on the selection of neuron numbers, considering the smallest value of Mean Squared Error (MSE) of the whole neuron numbers being tested by 3.50e-03 (Ip) and 3.003e-06 (Tds).

Kata kunci: *Protection System Coordination, Overcurrent Relay, Neural Network, Time Delay Setting*

ABSTRAK –

PT. Terminal Teluk Lamong adalah salah satu industri dalam skala besar, merupakan anak dari PT. Pelindo III, Perusahaan ini bergerak dalam bidang jasa pelayanan mempunyai fasilitas otomatis. Pada tahun 2020 terjadi gangguan sebanyak 20 kali pada sistem kelistrikan yang mengakibatkan overcurrent fasa PLN bernilai kecil kurang dari standart 0,2-0,3 detik (sehingga akan trip pada pada waktu 0,355 detik untuk overcurrent fasa) dampak dari gangguan tersebut dapat mengakibatkan terhentinya operasi dan memberikan kerugian yang cukup besar. Dengan demikian untuk mengatasi banyaknya gangguan tersebut, maka untuk mendapatkan setting arus lebih yang tepat pada sistem koordinasi proteksi (Overcurrent relay) pada sistem kelistrikan PT. Terminal Teluk Lamong pada penelitian ini menggunakan sebuah metode algoritma Neural Network, Nilai simulasi dari koordinasi rele arus lebih kemudian dibandingkan dengan setting konvensional menggunakan ETAP. Perbandingan hasil simulasi algoritma Neural Network menghasilkan error yang sangat kecil dari 10 kali training and tasting. Nilai yang digunakan berdasarkan pemilihan jumlah neuron dengan mempertimbangkan nilai Mean Squared Error (MSE) terkecil dari seluruh jumlah neuron yang diuji yaitu 3.50e-03 (Ip) dan 3.003e-06 (Tds).

Kata kunci : koordinasi sistem proteksi, rele arus lebih waktu, Neural Network, Time Delay Setting

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri sistem kelistrikan merupakan sistem yang harus dimiliki setiap perusahaan. Semakin besar skala industri pasti memiliki sistem kelistrikan yang besar juga. Pada tahun 2020 ditemukan terjadi gangguan sebanyak 20 kali pada kelistrikan yang mengakibatkan *overcurrent* fasa PLN bernilai kecil (akan trip pada pada waktu 0,355 detik untuk *overcurrent* fasa) dampak dari gangguan tersebut dapat mengakibatkan terhentinya operasi dan memberikan kerugian yang cukup besar. Sehingga timbul sebuah pemikiran untuk dilakukan sebuah koordinasi proteksi yang difokuskan pada *Overcurrent Relay* [1], [2]. Dengan demikian untuk mengatasi banyaknya gangguan yang terjadi di tahun 2020 terlintas sebuah pemikiran penelitian mengenai sistem koordinasi proteksi (*Overcurrent relay*) pada sistem kelistrikan PT. Terminal Teluk Lamong menggunakan metode koordinasi rele dengan menggunakan rele OCR (*Over Current relay*) sebagai alat proteksi utama dan juga sebagai proteksi backup. Proteksi cadangan biasanya memiliki perlambatan waktu (time delay), yang dapat digunakan untuk mengatur urutan kerja rele pengaman sehingga saat muncul gangguan, rele pertama sebagai proteksi utama memberi sinyal kepada

circuit breaker (CB) open apabila gagal dapat diatasi dengan rele backup yang bekerja dengan waktu trip yang lebih lama dari pada rele utama. Proses studi koordinasi rele pengaman, menggunakan software pendukung yaitu ETAP kemudian melakukan proses selanjutnya dengan metode *Neural Network* (*Feed Forward Backpropagation*) yang dimaksudkan melakukan perhitungan secara algoritma dengan bantuan software Mathlab.

Rele Pengaman

Relay pengaman adalah susunan peralatan yang mempunyai fungsi untuk mendeteksi ketika terjadi gangguan dan juga mulai merasakan sebuah kondisi tidak normal pada bagian sistem tenaga listrik. Rele pengaman juga dapat merasakan apabila terjadi sebuah gangguan pada komponen yang telah diamankan dengan mengukur nilai besaran yang diterima, contohnya daya, tegangan, arus, frekuensi, impedansi dan sebagainya yang telah ditentukan [3]. Relay dapat membuka *Circuit Breaker* (CB) atau pemutus tenaga (PMT) dengan otomatis atau juga bisa menjadi pemisah bagian dari sistem yang mengalami gangguan dengan memberikan sebuah isyarat yang dapat berupa lampu maupun alarm sebagai tanda ketika terjadi gangguan.

Rele Arus Lebih

Overcurrent Relay merupakan rele yang bekerja pada suatu nilai arus gangguan yang diakibatkan hubung singkat dan mengalir pada suatu rangkaian. Apabila besar nilai arus yang dirasakan melebihi dari batas *setting*, rele langsung aktif, dan kemudian dalam kondisi waktu tertentu akan memberi perintah trip ke CB atau PMT untuk meminimalisir gangguan tersebut [4]. Kemudian s*etting* antar rele memperhatikan waktu tunda yang didapat antar rele yang bekerja yaitu 0,2 – 0,4 s, hal ini merupakan *standart* dari IEEE , dengan spesifikasi sebagai berikut :

Waktu pemutus tenaga terbuka : 0,04 – 0,1 s.
Over travel : 0,1 s.
error *setting* : 0,12 – 0,22 s.
Total waktu interval : 0,32 s.

Menurut Standart British BS 142 – 1983 pemilihan *setting* dengan nilai $1{,}05_{FLA} – 1{,}3_{FLA}$, ada juga $1{,}05_{FLA}$ digunakan untuk melengkapi permintaan asuransi, menurut standat lain yaitu ANSI digunakan $1{,}4_{FLA.}$ Dengan berpedoman standart diatas, dengan demikian digunakan persamaan rumus seperti berikut:

$$1{,}05 \times I_{FLA} \leq I_{SET} \geq 1{,}4 \times I_{FLA} \quad (1)$$

$$Tap = \frac{I_{set}}{nCT} \quad (2)$$

$$I_{aktual} = I_{set} = Tap \times nCT \quad (3)$$

Sedangkan untuk rumus mendapatkan waktu tunda dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{TDS} = \frac{Top\ x\ \beta\ x[(\frac{Isc\ max}{Iset})^{\alpha}-1]}{K} \quad (4)$$

Overcurrent Relay definite akan aktif jika arus lebih yang mengalir melebihi kapasitas yang diijinkan sesuai dengan *time delay* yang ditentukan sebelumnya. Ketika menentukan *settiing pickup* maka menggunakan Isc *(arus short circuit)* min yaitu 2 fasa 30 cycle. Sehingga *setting* dapat dirumuskan seperti berikut :

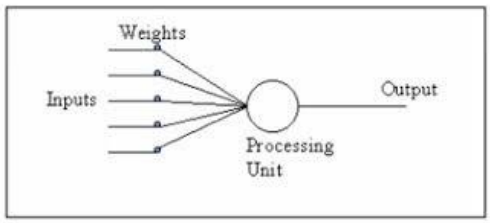
$$1{,}6\ FLA \leq Iset \leq 0{,}8\ Isc\ min \quad (5)$$

Prinsip kerja rele arus lebih yang bekerja sesuai besaran arus lebih dampak adanya gangguan hubung singkat dan menyampaikan perintah trip ke PMT sesuai penggunaan karakteristik waktunya. Pada umumnya ketika rele arus lebih bekerja dapat dituliskan If >Ip , If berarti arus gangguan, sedangkan Ip berarti arus nominal.

Neural Network

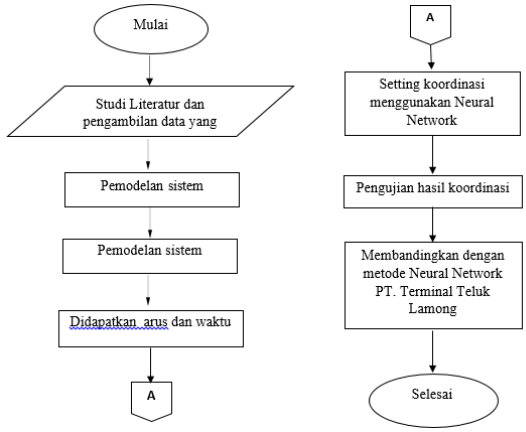
Sistem kerja otak manusia memiliki jutaan bahkan miliaran neuron berbentuk jaringan yang berfungsi untuk mengenali, memproses dan menyelesaikan suatu permasalahan yang muncul. Maka sebab itu para ahli mencoba untuk menciptakan terobosan baru agar dapat menyelesaikan permasalahan dalam skala besar dan kompleks yang berguna untuk memudahkan manusia. Terobosan tersebut kini dikenal sebagai jaringan saraf tiruan *"Artificial Neural Network"*[5], .

Feed forward merupakan metode JST pertama yang paling sederhana dan banyak digunakan untuk melakukan sebuah prediksi. Informasi hanya bergerak satu arah yaitu ke depan, dari input menuju hidden neuron lalu berakhir di output. Jaringan pada model ini menggunakan algoritma *backpropagation* dan dikembangkan oleh David E. Rumelhalt, Geoffrei E. Hinton, dan Ronald J. Williams pada tahun 1986. Pengembangan algortima ini merupakan awal dari kebangkitan riset bidang *neural network*. Algoritma *backpropagation* meliputi 3 tahap, yaitu maju *(feedforward)* dari *input*, penghitungan dan propagasi balik (*backforward*) *error*, serta penyesuaian dari bobot. Pada tahap *feed forward* unit *input* menerima sinyal *input* (xi) dan menyebarkannya ke unit tersembunyi z1, …, zp. Kemudian semua unit tersembunyi menghitung aktivasinya sebelum mengirimkan sinyal (zj) ke unit *output*.



Gambar 1. Bentuk Dasar *Neuron*

METODE

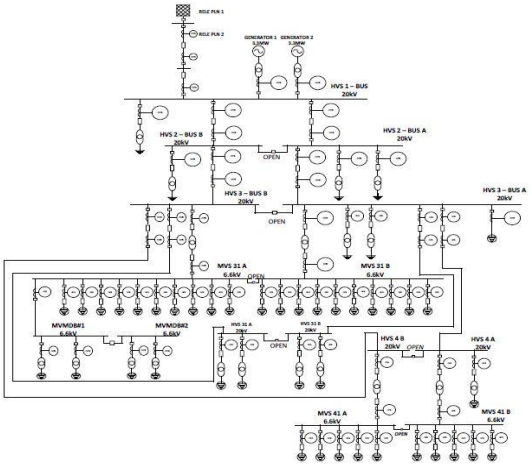


Gambar 2. Flowchart Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian yang digunakan pada proses pengerjaan penelitian dapat digambarkan seperti pada gambar.1 Flowchart Penelitian

Pengambilan Data

Pengambilan data ini dilaksanakan 14 April 2021 sampai 7 Mei 2021 di PT. Terminal Teluk Lamong, Surabaya. Pengambilan data menggunakan data yang diberikan oleh staf kelistrikan pada PT. Terminal Teluk Lamong.



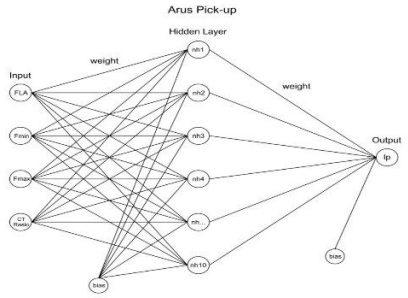
Gambar 3. Single Line Diagaram PT. Terminal Teluk Lamong

Rencana Pemodelan Metode *Neural Network*

Pada penelitian ini menggunakan metode pendekatan perhitungan *Neural Network* dengan software mathlab.

Arus *pick up* (Ip)

- Fungsi aktivasi = Tansig Logsig (hidden layer input)
- Jumlah input = 4 (FLA, Fmin, Fmax, CT rasio)
- Jumlah hidden layer = 10
- Jumlah output = 1 (Ip)
- Target error = nilai error terkecil
- Jumlah iterasi = 1000



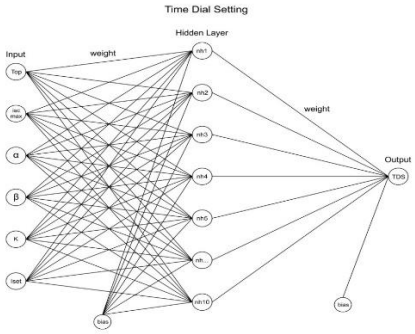
Gambar 4. Diagram Blok NN Arus Pickup

Gambar 4. merupakan arsitektur *Neural network* untuk mengistimasi arus *pick up* (Ip) dimana pada pengujian ini dilakukan variasi jumlah *neuron* pada hidden layer yang dinotasikan nh, input disini berupa nilai FLA, Fmin, Fmax dan CT rasio. Sedangkan output atau target yang diharapkan yaitu *arus pick up* (Ip) yang sebelumnya didapatkan dari *software* ETAP. Metode *Neural Network* menggunakan *Feed forward* (propagasi maju) dilakukan untuk mendapat keluaran dari *Neural Network* tersebut akan dibandingkan dengan target data yang didefinisikan sebelumnya, kemudian perbedaan keluaran antara Neural Network dengan target data adalah error, error tersebut yang menjadi masukkan untuk melakukan propagasi balik (*backpropagation*) yang bertugas untuk melakukan update pada fungsi-fungsi bobot yang ada di antara *input, hidden layer*, dan *output*.

Time delay setting (TDS)

- Fungsi aktivasi = Tansig Logsig (hidden layer input)

- Jumlah input = 6 (Top, Isc max, Koefisien alpha, Koefisien Beta, Koefisien k, Iset)
- Jumlah hidden layer = 10
- Jumlah output = 1
- Target error = nilai error terkecil
- Jumlah iterasi = 1000



Gambar 5. Diagram Blok NN TDS

Gambar 3.4 merupakan arsitektur *Neural network* untuk mengistimasi *Time delay setting* (TDS) dimana pada pengujian ini dilakukan variasi jumlah *neuron* pada hidden layer yang dinotasikan nh, input disini berupa nilai Top, Isc max, Koefisien alpha, Koefisien Beta, Koefisien k, Iset. Sedangkan output atau target yang diharapkan yaitu *Time delay setting* (TDS) yang sebelumnya didapatkan dari *software* ETAP. Metode *Neural Network* menggunakan *Feed forward* (propagasi maju) dilakukan untuk mendapat keluaran dari *Neural Network* tersebut akan dibandingkan dengan target data yang didefinisikan sebelumnya, kemudian perbedaan keluaran antara Neural Network dengan target data adalah error, error tersebut yang menjadi masukkan untuk melakukan propagasi balik (*backpropagation*) yang bertugas untuk melakukan update pada fungsi-fungsi bobot yang ada di antara *input, hidden layer*, dan *output*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan Data

Perbandingan antara metode perhitungan manual dan *Neural Network* dapat dilihat dengan memasukkan data yang berupa Iset dan TDS pada tabel 1. untuk disimulasikan pada program ETAP memanfaatkan *Star Coordination and Protection*. Sehingga dapat menguji kurva *invers* pada *Time Current Curve(TCC)* dan hasil yang didapatkan dari simulasi hubung singkat pada jaringan kelistrikan.

Tabel 1 Data *output* program NN dan ETAP

Tipikal	**Rele**	**CTI (ms)**		**Kondisi (detik)**	
		Manual	**NN**	**Manual**	**NN**
1	F50-CTT-2	300	300	0,3	0,3
	F50-MVS41A-CB	500	500	0,5	0,5
2	F50-CB44	820	1044	0,1	0,1
	F50-CB41	901	991	0,1	0,1
	F50-CB39	901	991	0,1	0,1
3	F50-CB31	500	500	0,5	0,5
	F50-CB24	500	500	0,5	0,5
	F50-CB21	700	700	0,7	0,7

	F50-CB13	700	700	0,7	0,7
	F50-CB11	900	900	0,9	0,9
4	F50-CB319	300	300	0,3	0,3
	F50-CB321	100	100	0,1	0,1
	F50-CB34	300	300	0,3	0,3
5	RELAY10	503	503	0,1	0,1
	RELAY1	939	939	0,3	0,3
	F50-MVS31A-CB	1414	1424	0,5	0,5
	F50-CB37	1463	1463	0,1	0,1
6	F50-CB22	500	500	0,7	0,7
	F50-CB32	700	700	0,5	0,5
	F50-CB14	500	500	0,7	0,7
	F50-CB26	700	700	0,5	0,5

Dari tabel 1. dapat diperhatikan bahwa hasil dari nilai CTI antar rele tipikal 2 kurang dari 0,2 detik dan nilai CTI dari perhitungan NN memiliki selisih beberapa *mili second* lebih besar dari perhitungan manual yang berarti lebih baik karena mendekati 0,2 detik.

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dan analisa sistem koordinasi proteksi *Overcurrent Relay* dengan menggunakan algoritma *Neural Network*, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Setting* rele arus lebih F50-CB44 dengan hasil 0,1 detik, F50-CB41 dengan hasil 0,1 detik, F50-CB39 dengan hasil 0,1 detik. Saat dilakukan simulasi gangguan hubung singkat, rele *invers* tersebut beroperasi tidak sesuai dengan target perhitungan baik dari metode perhitungan manual maupun algoritma *Neural Network* dikarenakan selisih waktu tunda antara pasangan rele < 0,2 detik.
2. Berdasarkan perbandingan hasil perhitungan setting menggunakan algoritma *Neural Network* dan manual, *error* yang dihasilkan sangat kecil dari 10 kali *training and tasting* yaitu 3.50e-03 (Ip) dan 3.003e-06 (Tds).
3. Hasil perhitungan arus *pick up* (Ip) dan *time dial setting* (Tds) menggunakan *Neural Network* dapat dikatakan mendekati keakuratan dari target yang diinginkan seperti yang ada pada tabel 4.26.
4. Perbandingan koordinasi proteksi rele arus lebih yang disimulasikan pada ETAP, hasil CTI antar rele menunjukkan bahwa penggunaan metode *Neural Network* lebih tinggi daripada perhitngan manual seperti pada rele F50-CB44 dengan selisih 224 ms, F50-CB41 dengan selisih 90 ms, F50-CB39 dengan selisih 90 ms sehingga mendekati keakuratan yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. E. Rofianto, E. A. Zuliari, and T. Wati, “Analisa Perencanaan Pemasangan Differential Relay Pada PT.Bramindo Niaga Pratama,” Pros. Semin. Nas. Sains Dan Teknol. Terap., vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Sep. 2019.

[2] Y. S. W. Utomo, M. Pujiantara, A. Musthofa, and J. A. R. Hakim, “Analisa Penggunaan Superconducting Fault Current Limiter (SFCL) Untuk Melindungi Peralatan di PT Pindo Deli,” vol. 4, no. 2, p. 7, 2015.

[3] A. N. An Nisa, M. Marwan, and A. R. Idris, "Analisis sistem proteksi di PT. PLN (Persero) sektor pembangkitan kendari unit PLTD Wua Wua," TEKNO, vol. 29, no. 2, p. 177, Nov. 2019, doi: 10.17977/um034v29i2p177-189.
[4] A. P. Pawigo, R. B. M. Gozali, and S. B. Masmachofari, "Analysis of Overcurrent Release Protection In Feeder System Using Algorithm Neural Network," vol. 1, p. 14, 2021.
[5] M. Thoeurn, A. Priyadi, A. Tjahjono, and M. H. Purnomo, "Overcurrent relay modeling using artificial neural network," in 2017 International Electrical Engineering Congress (iEECON), Pattaya, Thailand, Mar. 2017, pp. 1–4. doi: 10.1109/IEECON.2017.8075794.