

**EVALUASI SISTEM PROTEKSI PADA JARINGAN
DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK
(Studi Kasus Gardu Induk 150 KV Bantul Yogyakarta)**

NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

**EKA PRASTYA ARIS MUNANDAR
5140711016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN ELEKTRO
UNIVERSITAS TEKNOLOGI YOGYAKARTA**

**YOGYAKARTA
2018**

**HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR MAHASISWA**

Judul Tugas Akhir:
**EVALUASI SISTEM PROTEKSI PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK
(Studi Kasus Gardu Induk 150 KV Bantul Yogyakarta)**

Judul Naskah Publikasi:
**EVALUASI SISTEM PROTEKSI PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK
(Studi Kasus Gardu Induk 150 KV Bantul Yogyakarta)**

Disusun oleh
EKA PRASTYA ARIS MUNANDAR
5140711016

Mengetahui:

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Ikrima Alfi, S.T., M.Eng	Pembimbing

Naskah Publikasi Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro

Yogyakarta,.....
Ketua Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro, Universitas Teknologi Yogyakarta

Satyo Nurvadi, S.T., M. Eng.
NIK. 10020023

PERNYATAAN PUBLIKASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

N a m a : Eka Prastya Aris Munandar
NIM : 5140711016
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Informasi dan Elektro

Evaluasi Sistem Proteksi Pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik (Studi Kasus Gardu Induk 150 KV Bantul Yogyakarta)

Menyatakan bahwa Naskah Publikasi ini hanya akan dipublikasikan di JURNAL TeknoSAINS FST UTY, dan tidak dipublikasikan di jurnal yang lain.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 4 Juli 2018

Penulis,

Eka Prastya Aris Munandar

5140711016

Evaluasi Sistem Proteksi Pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik (Studi Kasus Gardu Induk 150 KV Bantul Yogyakarta)

Eka Prastya Aris Munandar

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro
Universitas Teknologi Yogyakarta
Jl. Ringroad Utara Jombor Sleman Yogyakarta
E-mail : ekaprastya22@gmail.com*

ABSTRAK

Sistem proteksi pada jaringan distribusi tenaga listrik merupakan hal yang sangat penting, karena sistem proteksi ini dapat mencegah terjadinya gangguan, baik gangguan kecil maupun gangguan besar. Sehingga kebutuhan listrik dapat dipenuhi dengan baik serta mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh listrik. Kinerja rele proteksi menentukan keandalan suatu jaringan distribusi tenaga listrik, salah satu proteksi yang harus dijaga adalah rele arus lebih dan rele gangguan tanah. Rele tersebut perlu dievaluasi kembali, karena setiap tahun kebutuhan listrik atau beban listrik selalu meningkat. Dalam menentukan nilai TMS (time multiplier setting) pada rele arus lebih dan rele gangguan tanah dilakukan dengan menghitung arus hubung singkat pada masing-masing penyulang menggunakan simulasi software ETAP 12.6.0. Hasil hubung singkat yang akan dihitung yaitu hubung singkat 3 fasa untuk rele arus lebih dengan arus gangguan 4427 A, 4385 A, 4246 A dan 2 fasa ketanah dengan arus gangguan 6174 A, 6115 A, 5757 A untuk rele gangguan tanah. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai setting rele gangguan tanah (GFR) yang terpasang dilapangan masih dapat dikategorikan dalam kondisi baik. Tetapi pada rele arus lebih (OCR), terdapat selisih nilai setting 0,17, 0,15 dan 0,10.

Kata kunci : Proteksi, OCR, GFR

1. PENDAHULUAN

Gardu induk Bantul adalah salah satu gardu induk di Yogyakarta yang mengatur kebutuhan beban tenaga listrik dan sebagai pusat penormalan wilayah Bantul Yogyakarta. Pada sistem tenaga listrik tidak menutup kemungkinan terjadinya gangguan dari luar maupun dalam. Gangguan tersebut diantaranya kerusakan pada sistem pembangkit, kawat penghantar putus, gangguan hubung singkat, beban lebih, maupun koordinasi rele yang tidak baik.

Dalam menanggulangi kerusakan yang disebabkan oleh gangguan-gangguan diatas, diperlukan pengaman atau proteksi tenaga listrik. Sistem proteksi berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik terhadap kemungkinan kerusakan akibat terjadinya gangguan, melokalisir daerah-daerah sistem yang terganggu sekecil mungkin, dan berusaha untuk secepat mungkin mengatasi daerah yang terganggu tersebut. Sehingga kebutuhan listrik dapat dipenuhi dengan baik serta mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh listrik. Untuk meminimalisir gangguan terhadap sistem distribusi diperlukan proteksi yang baik dan handal.

Kinerja rele proteksi menentukan keandalan suatu jaringan distribusi tenaga listrik, salah satu proteksi yang harus dijaga adalah rele arus lebih dan rele gangguan tanah. Rele tersebut perlu dievaluasi kembali, karena setiap tahun kebutuhan listrik atau beban listrik selalu meningkat. Pada kesempatan kali ini penyebab yang diangkat sebagai permasalahan adalah menganalisa kembali arus hubung singkat pada masing-masing *feeder* untuk evaluasi *setting* rele arus lebih dan rele gangguan tanah.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Distribusi

Menurut penelitian dari Dasman dan Huria, sistem Distribusi merupakan subsistem tersendiri yang terdiri dari Pusat Pengatur (Distribution Control Center, DCC), saluran tegangan menengah (6 kV dan 20 kV, yang juga biasa disebut tegangan distribusi primer) yang merupakan saluran udara atau kabel tanah [1]. Sistem distribusi ini dapat dikelompokkan kedalam dua tingkat, yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi primer dan bisa disebut juga Jaringan Tegangan Menengah (JTM).

2. Sistem jaringan distribusi sekunder dan biasa disebut Jaringan Tegangan Rendah (JTR).

2.2. Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Sebagian gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem tenaga adalah gangguan-gangguan tidak simetris. Yang mana terdiri dari hubung singkat tidak simetris, gangguan simetris melalui impedansi atau terbukanya konduktor. Gangguan tidak simetris terjadi karena gangguan satu fasa ketanah, gangguan antar fasa, atau gangguan dua fasa ketanah [2].

Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem meliputi:

1. Pemasangan peralatan yang kurang baik.
2. Kesalahan mekanis karena melebihi batas operasi.
3. Kerusakan material karena sudah melebihi batas operasi atau pun
4. karena kualitas dari komponen peralatan yang kurang baik.

Sedangkan penyebab gangguan yang berasal dari luar sistem meliputi:

1. Gangguan-gangguan mekanis karena keasalahan koordinasi dengan pekerjaan lain seperti pengerjaan galian saluran, pembuatan trotoar, pengecoran jalan dll. Gangguan ini terjadi untuk sistem kelistrikan bawah tanah.
2. Pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat menyebabkan gangguan hubung singkat karena tembus isolasi peralatan (*breakdown*).
3. Pengaruh lingkungan seperti pohon, binatang dan benda-benda asing serta akibat kecerobohan manusia.

2.3. Jenis Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Menurut penelitian Purnomo, A. P. Gangguan pada sistem tenaga adalah sebagai berikut [3]:

1. Gangguan Beban Lebih (*Overload*)

Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri arus tersebut. Pada saat gangguan ini terjadi arus yang mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik dan pengamanan yang terpasang.

2. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat terjadi dua fasa, tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, atau 3 fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat ini sendiri dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan yang termasuk dalam

hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan ini akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang terganggu dan juga akan dapat mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu.

2.4. Persyaratan Sistem Proteksi

Ada beberapa kriteria yang perlu diketahui pada pemasangan suatu sistem proteksi dalam suatu rangkaian sistem tenaga listrik yaitu [4]:

1. Sensitifitas

Suatu rele disebut sensitif bila parameter operasi utamanya rendah. Artinya, semakin rendah besaran parameter penggerak maka perangkat tersebut dikatakan semakin sensitif. Sensitifitas pada rele elektromekanikal terdahulu biasanya dikaitkan dengan kepekaan dari perangkat bergeraknya terhadap daya yang diserap dalam bentuk Volt-Ampere dimana rele bekerja. Semakin kecil VA yang dibutuhkan maka rele elektromekanikal tersebut semakin sensitif. Pada rele-rele numerik sensitifitas tidak dikaitkan lagi pada perangkat kerasnya tetapi lebih pada aplikasi dan parameter trafo arus (CT) atau trafo tegangan (PT) yang digunakan.

2. Kecepatan

Fungsi sistem proteksi adalah untuk mengisolasi gangguan secepat dan sesegera mungkin. Tujuan utamanya adalah mengamankan kontinuitas pasokan daya dengan menghilangkan setiap gangguan sebelum gangguan tersebut berkembang ke arah yang membahayakan stabilitas dan hilangnya sinkronisasi sistem pada akhirnya dapat meruntuhkan sistem tenaga tersebut. Semakin singkat waktu yang dibolehkan pada gangguan maka kontinuitas pelayanan sistem akan semakin baik. Dengan demikian proteksi harus bekerja secepat mungkin.

3. Selektifitas

Selektifitas suatu sistem proteksi jaringan tenaga adalah kemampuan rele proteksi untuk melakukan tripping secara tepat sesuai rencana yang telah ditentukan pada waktu mendesain sistem proteksi tersebut. Dalam pengertian lain, suatu sistem proteksi sistem tenaga harus bisa kerja secara selektif sesuai klasifikasi dan jenis gangguan yang harus diamankan. Selektifitas sistem proteksi terkait juga dengan kemampuan diskriminasi.

4. Keandalan

Suatu sistem proteksi dikatakan andal apabila selalu berfungsi seperti yang diharapkan. Sistem proteksi dikatakan tidak andal jika gagal bekerja saat dibutuhkan dan bekerja pada saat proteksi itu tidak

seharusnya bekerja. Rele dikatakan baik apabila memiliki nilai keandalan 90-99%.

5. Ekonomis

Suatu perencanaan teknik yang baik tidak terlepas tentunya dari pertimbangan nilai ekonomisnya. Suatu rele proteksi yang digunakan hendaknya ekonomis mungkin dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya.

2.5. Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang terganggu dan juga akan dapat mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu. Hal ini sangat berbahaya mengingat arus yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat sangat besar. Gangguan hubung singkat dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat tak simetri.

2.6. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Kita dapat menghitung besar arus hubung singkat dalam sistem distribusi dengan cara sebagai berikut [5]:

1. Hubung singkat tiga fasa

Hubung singkat ini melibatkan ketiga fasa. Arus hubung singkat tiga fasa (I_{sc3}) diberikan oleh persamaan berikut:

$$I_{sc3} = \frac{V_{LN}}{X_1} \dots\dots\dots (2.1)$$

Di mana V_{LN} adalah tegangan nominal *line to neutral*, dan X_1 adalah reaktansi urutan positif.

2. Hubung singkat antar fasa

Hubung singkat ini terjadi antara dua fasa tanpa terhubung ke tanah. Arus hubung singkat antar fasa (I_{sc2}) diberikan oleh persamaan berikut:

$$I_{sc2} = \frac{V_{LL}}{X_1 + X_2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{sc3} = 0,86 I_{sc3} \dots\dots\dots (2.2)$$

3. Hubung singkat satu fasa ke tanah

Hubung singkat ini melibatkan impedansi urutan nol (Z_0), dan besarnya arus hubung singkat ini tergantung sistem pentanahan yang digunakan. Arus hubung singkat antar fasa (I_{sc3}) diberikan oleh persamaan berikut:

$$I_{sc3} = \frac{3V_{LN}}{X_1 + X_2 + X_0} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.7. Proteksi Rele OCR dan Rele GFR

Definisi relai proteksi menurut *The Institute Of Electrical And Electronic Engineering (IEEE)* adalah suatu peralatan elektrik yang didesain untuk mengartikan kondisi masukan pada keadaan tertentu, setelah kondisi tersebut dispesifikasikan, yang ditujukan untuk memberi respon yang dapat menyebabkan pengoperasian kontak didalam suatu kesatuan rangkaian listrik. Kondisi masukan biasanya berupa sinyal listrik, mekanik, atau besaran lainnya [6].

Kurva standar inverse:

$$T(s) = \frac{0,14}{\left(\frac{I_{sc}}{I_{set}}\right)^{0,02-1}} \times TMS \dots\dots\dots (2.4)$$

Kurva vary inverse:

$$T(s) = \frac{13,5}{\left(\frac{I_{sc}}{I_{set}}\right)^{-1}} \times TMS \dots\dots\dots (2.5)$$

Kurva extremely inverse:

$$T(s) = \frac{80}{\left(\frac{I_{sc}}{I_{set}}\right)^{0,2-1}} \times TMS \dots\dots\dots (2.6)$$

Kurva long inverse:

$$T(s) = \frac{54}{\left(\frac{I_{sc}}{I_{set}}\right)^{-1}} \times TMS \dots\dots\dots (2.7)$$

Penyetelan Relai Arus Lebih OCR Dan Relai Gangguan Tanah GFR Pada Penyulang 20 kV, Incoming Trafo 20 kV Dan Trafo 150 kV Menentukan arus di sisi primer relai OCR pada penyulang 20 kV adalah sebagai berikut:

$$I_{set\ 20kv} = 1,2 \times CT\ primer\ 1 \dots\dots\dots (2.8)$$

Selanjutnya perhitungan arus di sisi sekunder pada relai OCR pada penyulang 20 kV, adalah sebagai berikut:

$$I_{set\ 20kv} = \frac{I_{set\ 20kv\ primer}}{CT\ rasio} \dots\dots\dots (2.9)$$

perhitungan arus nominal pada trafo daya adalah sebagai berikut:

$$I_p = \frac{S}{V_p \cdot \sqrt{3}} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$I_s = \frac{S}{V_s \cdot \sqrt{3}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

I_p : arus nominal primer trafo

I_s : arus nominal sekunder trafo

S : daya pada trafo (KVA)

V_s : tegangan pada sekunder trafo

V_p : tegangan pada sisi primer trafo

3. METODOLOGI PENELITIAN

1. Pengumpulan bahan referensi

Tahap ini mempelajari berbagai macam informasi baik dari jurnal maupun dari buku yang sesuai dengan tema sistem proteksi tenaga listrik sebagai acuan dalam pembuatan laporan tugas akhir.

2. Pengumpulan data

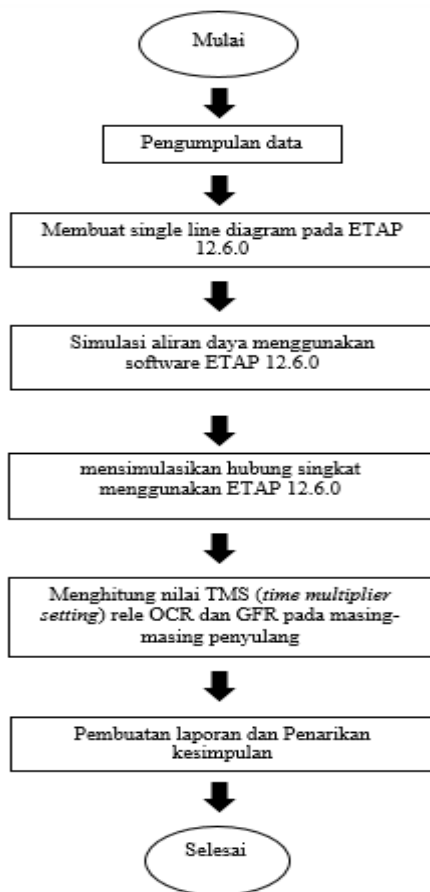
Data ini diambil dari gardu induk Bantul dan PLN APJ Yogyakarta yang kemudian diolah untuk mendapatkan nilai hubung singkat dan aliran daya, sehingga dapat menentukan setting rele arus lebih dan rele gangguan tanah.

3. Simulasi software ETAP 12.6.0

Penggunaan software ETAP 12.6.0 ini dilakukan untuk menghitung arus hubung singkat serta aliran daya pada proteksi distribusi tenaga listrik di gardu induk Bantul sesuai dengan data yang didapatkan.

4. Pembuatan laporan

Melaporkan hasil penelitian yang sudah dilakukan.



Gambar 1: Flow Chart Metode Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Setting Rele Arus Lebih (OCR)

Setelan rele yang terpasang pada penyulang dihitung berdasarkan arus hubung singkat tertinggi. Untuk Iset rele standar invers pada *outgoing* penyulang di *setting* sebesar $1,2 \times \text{InCT}$ dan pada sisi *incoming* disetting sebesar $1,2 \times \text{InTRF}(20 \text{ kv})$ sesuai dengan pedoman pengelolaan sistem proteksi trafo – penyulang 20 kv sistem Jateng dan DIY. Selanjutnya untuk penyetelan waktu maksimum dari rele arus lebih pada *outgoing* penyulang tidak lebih dari 0,6 detik dan pada *incoming* penyulang 1,5 detik. Kemudian arus gangguan yang dipilih untuk menentukan besarnya setting TMS rele OCR pada penyulang 20 kv yaitu arus gangguan hubung singkat 3 fasa yang dilainya lebih besar, sehingga apabila terjadi gangguan hubung singkat 2 fasa dan tiga fasa, rele ini dapat bekerja. TMS dihitung untuk mendapatkan nilai setting waktu pada rele saat beroperasi.

Setelan arus pada *outgoing* penyulang 20 kv menggunakan Rumus 2.8:

$$\begin{aligned}
 I_{set} &= 1,2 \times \text{In CT} \\
 t_{set} &= 0,6 \text{ s (SI)} \\
 t_{set} &= \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{0,02-1}}
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan setting OCR pada *outgoing* penyulang BNL01 menggunakan rumus 2.4 standar invers:

$$\begin{aligned}
 \text{Setelan arus : } I_{set} &= 1,2 \times \text{In CT} \\
 &= 1,2 \times 800 \text{ A} \\
 &= 960 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Setelan TMS (*Time Multiplier Setting*) pada gangguan 3 fasa:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{0,02-1}} \\
 0,6 &= \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{4427}{960}\right)^{0,02-1}} \\
 0,6 &= 4,02 \times \text{TMS} \\
 \text{TMS} &= \frac{0,6}{4,02} \\
 \text{TMS} &= 0,15 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Setelan arus pada *incoming* penyulang 20 kv:

$$\begin{aligned}
 I_{set} &= 1,2 \times \text{InTRF}(20\text{kv}) \\
 t_{set} &= 1,5 \\
 t_{set} &= \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{0,02-1}}
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan setting OCR pada *incoming* penyulang Trafo 1:

$$\text{Setelan arus : } I_{set} = 1,2 \times \text{InTRF}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \times \frac{s}{\frac{V_s \times \sqrt{3}}{60000 \text{ kv}}} \\
 &= 1,2 \times \frac{s}{\frac{21 \text{ kv} \times \sqrt{3}}{1980}} \\
 &= 1,2 \times 1650 \text{ A} \\
 &= 1980 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Setelan TMS (*Time Multiplier Setting*) pada gangguan 3 fasa:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{0,02-1}} \\
 1,5 &= \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{4427}{1980}\right)^{0,02-1}} \\
 1,5 &= 8,63 \times TMS \\
 TMS &= \frac{1,5}{8,63} \\
 TMS &= 0,17 \text{ s}
 \end{aligned}$$

4.2. Setting Rele Gangguan Tanah (GFR)

Setelan arus pada gangguan tanah (GFR) di *outgoing* penyulang 20 kv di *setting* $0,4 \times \text{InCT}$ dan $0,4 \times \text{InTRF}$ pada sisi *incoming* penyulang 20 kv sesuai dengan pedoman pengelolaan sistem proteksi – penyulang 20 kv sistem Jateng dan DIY. Arus gangguan yang dipilih untuk mendapatkan nilai TMS (*Time Multiplier Setting*) adalah hubung singkat 2 fasa ketanah karena nilainya lebih besar dari yang 1 fasa ketanah, sehingga apabila terjadi gangguan 2 fasa ketanah ataupun 1 fasa ketanah, rele ini dapat berkerja. untuk penyetulan maksimum kerja rele di *outgoing* adalah tidak lebih dari 0,6 s dan untuk sisi *incoming* yaitu 1,5 s.

Setelan arus GFR pada *outgoing* penyulang 20 kv:

$$\begin{aligned}
 I_{set} &= 0,4 \times \text{In CT} \\
 t_{set} &= 0,6 \text{ s (SI)} \\
 t &= \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02-1}}
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan setting GFR pada *outgoing* penyulang BNL01:

$$\begin{aligned}
 \text{Setelan arus : } I_{set} &= 0,4 \times \text{In CT} \\
 &= 0,4 \times 800 \text{ A} \\
 &= 320 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Setelan TMS (*time multiplier setting*) pada gangguan 2 fasa ke tanah:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02-1}} \\
 0,6 &= \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{6174}{320}\right)^{0,02-1}} \\
 0,6 &= 2,29 \times TMS \\
 TMS &= \frac{0,6}{2,29} \\
 TMS &= 0,26 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Setelan arus GFR pada *outgoing* penyulang 20 kv:

$$\begin{aligned}
 I_{set} &= 0,4 \times \text{InTRF}(20\text{kv}) \\
 t_{set} &= 1,5 \\
 t &= \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02-1}}
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan setting GFR pada *incoming* penyulang Trafo 1:

$$\begin{aligned}
 \text{Setelan arus : } I_{set} &= 0,4 \times \text{InTRF} \\
 &= 0,4 \times \frac{s}{\frac{V_s \times \sqrt{3}}{60000 \text{ kv}}} \\
 &= 0,4 \times \frac{s}{\frac{21 \text{ kv} \times \sqrt{3}}{1980}} \\
 &= 0,4 \times 1650 \text{ A} \\
 &= 660 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Setelan TMS (*Time Multiplier Setting*) pada gangguan 2 fasa ke tanah:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{0,02-1}} \\
 1,5 &= \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{6174}{660}\right)^{0,02-1}} \\
 1,5 &= 3,06 \times TMS \\
 TMS &= \frac{1,5}{3,06} \\
 TMS &= 0,49 \text{ s}
 \end{aligned}$$

4.3. Perbandingan Dengan Data Di Lapangan

Perhitungan dan data yang ada dilapangan masih dapat dikategorikan dalam kondisi yang baik. Terlihat dengan perbedaan nilai *setting* GFR yang tidak terlalu jauh, sehingga bisa dikatakan proteksi yang terpasang dalam kondisi yang bagus. Namun pada setting rele arus lebih, nilai *setting* yang terpasang dilapangan sebesar 0,30 s. Sedangkan hasil perhitungan nilai TMS tersebut adalah sebesar 0,15 s, 0,13 s dan 0,20 s. Sehingga apabila terjadi gangguan dikhawatirkan waktu kerja rele akan lama dan menimbulkan gangguan pada jaringan yang lainnya.

Tabel 4.1 Perbandingan TMS hasil perhitungan dengan data di lapangan

Trafo	ID Penyulang	Rele OCR	Hasil Hitung OCR	Rele GFR	Hasil Hitung GFR
1	BNL01	0,30	0,15	0,30	0,26
	BNL02	0,30	0,15	0,30	0,26
	BNL03	0,30	0,15	0,30	0,26
	BNL05	0,30	0,15	0,30	0,26
	BNL14	0,30	0,15	0,30	0,26
2	BNL17	0,30	0,15	0,30	0,26
	BNL04	0,30	0,13	0,30	0,26
	BNL11	0,30	0,13	0,30	0,26
	BNL12	0,30	0,13	0,30	0,26
3	BNL16	0,30	0,13	0,30	0,26
	BNL18	0,30	0,13	0,30	0,26
	BNL06	0,30	0,20	0,30	0,32
	BNL07	0,30	0,20	0,30	0,32
	BNL08	0,30	0,20	0,30	0,32
	BNL09	0,30	0,20	0,30	0,32

	BNL10	0,30	0,20	0,30	0,32
	BNL13	0,30	0,20	0,30	0,32

Pada tabel perbandingan diatas adalah untuk mengetahui berapa nilai *setting* rele proteksi yang ada dilapangan dan hasil perhitungan menggunakan data yang terbaru. ID penyulang adalah nama dari masing-masing penyulang yaitu BNL01 pada trafo 1 sampai BNL13 pada trafo 3. Kemudian rele arus lebih (OCR) dan rele gangguan tanah (GFR) disini adalah nilai *setting* TMS yang ada dilapangan atau digardu induk. Hasil perhitungan rele, nilai *setting* dilakukan dengan simulasi hubung singkat menggunakan software ETAP 12.6.0 dengan data yang digunakan pada bulan desember 2017 dan menghitungnya menggunakan rumus standar invers.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Dari hasil simulasi hubung singkat menggunakan software ETAP 12.6.0, arus gangguan hubung singkat dengan nilai tertinggi yaitu pada hubung singkat 3 fasa yang akan dihitung untuk mencari nilai TMS (*time multiplier setting*) pada rele arus lebih dengan besar arus gangguan 4427 A, 4385 A, dan 4246 A. Sedangkan untuk rele gangguan tanah diambil dari hubung singkat 2 fasa ketanah karena nilainya lebih besar dari hubung singkat 1 fasa ketanah, dengan besar arus gangguan 6174 A, 6115 A, dan 5757 A.
2. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, nilai *setting* rele gangguan tanah (GFR) yang terpasang dilapangan masih dapat dikategorikan dalam kondisi baik dengan hanya sedikit selisih nilai *setting* yang didapatkan. Tetapi pada rele arus lebih (OCR), terdapat selisih nilai

setting 0,17, 0,15 dan 0,10 sehingga dikhawatirkan apabila terjadi gangguan kinerja rele akan lama dan menimbulkan gangguan pada jaringan lain.

5.2. Saran

Diharapkan untuk penelitian selanjutnya tidak hanya melakukan *setting* rele pada sisi *incoming* dan *outgoing* penyulang 20 kv saja. Tetapi dilakukan juga *setting* rele pada sisi primer trafo daya, sehingga dapat disimulasi koordinasi antar rele bagian primer, sekunder (*incoming* penyulang 20 kv), dan *outgoing* penyulang 20 kv.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dasman dan H. Huria. (2015), *Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 kv Menggunakan Metode Saifi dan Saidi Di PT PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung Tahun 2015*. Padang.
- [2] William D. Stevenson, J. (1994), *Power System Analysis*. carolina.
- [3] Purnomo, A.P. (2017), *Analisis Dan Perencanaan Sistem Koodinasi Proteksi Sistem Distribusi Kelistrikan Pada Pelabuhan Teluk Lamong Surabaya*. Surabaya.
- [4] Ardianto, Firdaus, dkk. (2017), *Analisis Kinerja Sistem Proteksi Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150 KV Garuda Sakti*. Pekanbaru.
- [5] Pinastika, S.H. (2017), *Analisis Dan Evaluasi Sistem Koordinasi Proteksi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton Unit 1 Dan 2*. Surabaya.
- [6] Badarudding, B.W. (2014), *Setting Koordinasi Over Current Relay pada Trafo 60 MVA 150 / 20 Kv dan Penyulang 20 KV*. Jakarta.