

Analisis Koordinasi Proteksi *Overcurrent Relay* Gangguan Fasa Pada Penyulang NG-02 Peunaga Meulaboh

Muhammad Ilham¹⁾ Syukri^{2*)}, dan Muliadi³⁾

^{1, 2, 3)}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Iskandarmuda
Jln. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: syukrie0383@gmail.com

ABSTRACT

One of the problems at the Nagan Raya F substation is that short circuit disturbances often occur on the 20 kV network, namely between phases (3 phases or 2 phases) or phase-to-ground short circuit faults (2 phases or 1 phase to ground) if the protection coordination Not doing well can cause widespread outages called blackouts. Apart from that, if there is a disturbance in the NG-02 feeder, the incoming power transformer 2 safety equipment will also work. This requires research to analyze the causes of poor coordination between safety equipment. The location of the disturbance also affects the difference in working time (grading time) for the relay to work. The farther the distance to the fault location, the greater the difference in the working time of the incoming 20 kV relay. This aims to provide an opportunity for the NG-02 outgoing relay to work first as primary protection if a short circuit occurs in the network and for the incoming relay to work as a backup if the outgoing relay does not work. The OCR relays on the incoming and outgoing 20 kV sides are well coordinated. The setting on the Incoming side is 1.03 A with a fault current on the primary side of 2078.4 A and the CT ratio used is 2000/1. The trip time if the disturbance is at a distance of 5% is 1.35 seconds. The setting on the Outgoing side is 6 A with a fault current on the primary side of 960 A and the CT ratio used is 800/5. The trip time if the disturbance is at a distance of 5% is 0.73 seconds.

Keywords: Substation, Over current relay, Relay coordination, Protection system, Feeder

ABSTRAK

Salah satu permasalahan yang ada di Gardu Induk Nagan Raya F adalah gangguan hubung singkat sering terjadi pada jaringan 20 kV yaitu antara fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau gangguan hubung singkat fasa ke tanah (2 fasa atau 1 fasa ketanah), jika koordinasi proteksi kurang baik dapat menyebabkan pemadaman yang meluas yang disebut blackout. Selain itu apabila terjadi gangguan pada penyulang NG-02 maka peralatan pengaman incoming transformator daya 2 juga ikut bekerja. Hal ini perlu dilakukan penelitian untuk menganalisa penyebab terjadinya kurang baiknya koordinasi antara peralatan pengaman. Dari lokasi gangguan juga mempengaruhi selisih waktu kerja (grading time) bekerjanya rele. Semakin jauh jarak lokasi gangguan, maka semakin besar selisih waktu kerja rele di incoming 20 kV. Hal ini bertujuan memberi kesempatan pada rele di outgoing NG-02 untuk bekerja terlebih dahulu sebagai pengaman utama apabila terjadi gangguan hubung singkat di jaringan dan rele di incoming bekerja sebagai cadangan apabila rele di outgoing tidak bekerja. Rele OCR pada sisi incoming maupun outgoing 20 kV, sudah berkoordinasi dengan baik. settingan pada sisi Incoming ialah sebesar 1,03 A dengan arus gangguan pada sisi primer sebesar 2078,4 A dan rasio CT yang digunakan 2000/1. Waktu trip jika gangguan pada jarak 5% ialah 1,35 detik. Settingan pada sisi Outgoing ialah sebesar 6 A dengan arus gangguan pada sisi primer sebesar 960 A dan rasio CT yang digunakan ialah 800/5. Waktu trip jika gangguan pada jarak 5% ialah 0,73 detik.

Kata Kunci: Gardu induk, Relai Arus Lebih, Koordinasi Relai, Sistem proteksi, Penyulang

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi tenaga listrik berfungsi sebagai sarana untuk menyalurkan energi listrik dari sumber daya besar sampai kepada konsumen sehingga keandalan dan kontinuitas pasokan listrik menjadi prioritas utama bagi penyedia layanan listrik [1]. Salah satu komponen penting yang menjamin keandalan tersebut adalah sistem proteksi. Proteksi dalam sistem tenaga listrik bertujuan untuk mendeteksi dan mengisolasi bagian sistem yang mengalami

gangguan agar tidak merusak komponen lainnya dan untuk meminimalisir area yang terdampak gangguan [2]. Salah satu jenis proteksi yang digunakan yaitu *overcurrent relay* (OCR).

Overcurrent relay merupakan salah satu alat proteksi yang dirancang untuk mendeteksi adanya arus lebih yang disebabkan oleh gangguan, seperti hubung singkat antar fasa atau gangguan ke tanah [3]. Keberadaan OCR sangat vital dalam menjaga stabilitas dan keamanan sistem tenaga

listrik, terutama dalam mengatasi masalah gangguan fasa pada penyulang atau *feeder*. Penyulang NG-02 Peunaga di Meulaboh adalah salah satu contoh dimana koordinasi proteksi OCR menjadi sangat penting untuk memastikan gangguan dapat ditangani dengan cepat dan efektif.

Pada sistem distribusi tenaga listrik, salah satu tantangan utama adalah memastikan bahwa setiap gangguan dapat diisolasi secara cepat dan tepat tanpa menyebabkan gangguan pada bagian lain dari sistem. Hal ini membutuhkan koordinasi yang baik antara berbagai alat proteksi yang ada, termasuk OCR. Beberapa masalah utama yang sering dihadapi dalam sistem proteksi meliputi kecepatan deteksi dan respon, koordinasi antar relay, setelan arus dan waktu kerja relay, dan kondisi operasional yang berubah [4].

Studi koordinasi proteksi merupakan proses yang krusial dalam memastikan bahwa seluruh sistem proteksi bekerja secara harmonis. Koordinasi proteksi melibatkan analisis berbagai parameter dan karakteristik relay untuk memastikan bahwa mereka dapat bekerja sesuai dengan urutan dan timing yang tepat [5]. Untuk penyulang NG-02 Peunaga, studi ini menjadi semakin penting mengingat kompleksitas jaringan distribusi di daerah tersebut. Tujuannya yaitu untuk mengetahui settingan *overcurrent relay* yang tepat untuk jaringan distribusi 20 kV dan dapat mengetahui hasil koordinasi *overcurrent relay* pada penyulang NG-02 terhadap gangguan fasa dan tanah.

Penyulang NG-02 Peunaga di Meulaboh merupakan salah satu penyulang yang penting dalam sistem distribusi di daerah tersebut. Penyulang ini melayani berbagai jenis beban, mulai dari perumahan, komersial, hingga industri. Keberagaman jenis beban ini menambah kompleksitas dalam penanganan gangguan dan menuntut adanya sistem proteksi yang andal dan efisien.

Selanjutnya, penelitian ini dan diharapkan dapat memberikan informasi tentang settingan *overcurrent relay* yang tepat dan dapat memperoleh hasil yang signifikan dalam meningkatkan koordinasi proteksi OCR pada penyulang NG-02 Peunaga sehingga keandalan sistem distribusi listrik di daerah tersebut meningkat.

II. METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data untuk analisis koordinasi proteksi *overcurrent relay* gangguan fasa pada penyulang NG-02 Peunaga Meulaboh dimulai dari bulan Februari 2024 sampai dengan April 2024.

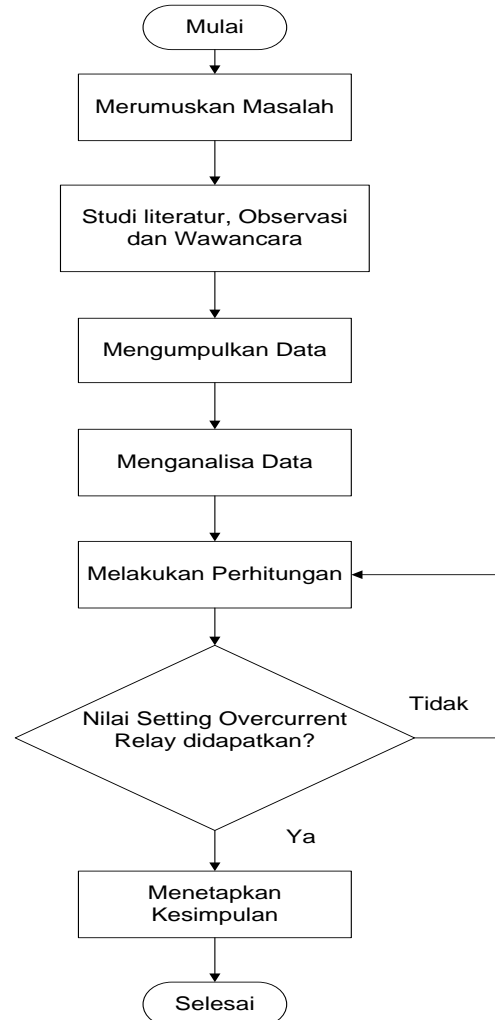
B. Metode Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

- Studi literatur, yaitu melakukan studi dengan melakukan kajian dan mencari referensi dari buku, jurnal, karya tulis ilmiah dan berbagai sumber relevan lainnya yang berkaitan dengan penelitian.
- Melakukan wawancara, yaitu metode yang dilakukan untuk menggali berbagai informasi dari karyawan-karyawan PT. PLN (Persero) ULP Meulaboh Kota yang berwenang.
- Observasi lapangan, yaitu metode yang dilakukan untuk meninjau langsung ke lapangan guna mengumpulkan data historis terkait gangguan yang

pernah terjadi pada penyulang NG-02 Peunaga, serta data teknis mengenai karakteristik jaringan dan peralatan proteksi yang digunakan.

C. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

D. Persamaan Analisis

- Gangguan Hubung Singkat 3 fasa [6][7]

$$I_{3\text{fasa}} = \frac{V}{Z_{1eq}} \quad (1)$$

- Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa [6][7]

$$I_{2\text{fasa}} = \frac{V_{ph}}{2 \times (Z_{1eq} + Z_{2eq})} \quad (2)$$

- Gangguan Hubung Singkat 1 fasa ke Tanah [6][7]

$$I_{\text{fasa tanah}} = \frac{3V}{2 \times (Z_{1eq} + Z_{2eq})} \quad (3)$$

- Impedansi Sumber [6][7]

$$MVA_{HSTT} = \sqrt{3} V \times I \quad (4)$$

- Impedansi Sisi Tegangan Tinggi [7]

$$X_{STT} = \frac{kV^2}{MVA_{HSTT}} \quad (5)$$

- Impedansi Hubung Singkat [7]

$$X_{STM} = \left(\frac{kV_{TM}}{kV_{TT}}\right)^2 \times X_{STT} \quad (6)$$

- Impedansi Transformator [7]

$$X_T \text{ (pada 100\%)} = \left(\frac{kV^2}{MVA} \right) \quad (7)$$

- Impedansi Total [7]

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = X_{STM} + X_t + Z_1 \quad (8)$$

$$Z_{0eq} = X_{t0} + Z_0 \quad (9)$$

E. Sistem Proteksi

Sistem proteksi merupakan sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik, yang terpasang pada sistem tenaga listrik tersebut. Misalnya Generator, Transformator, Jaringan transmisi dan Jaringan distribusi terhadap kondisi operasi abnormal dari sistem itu sendiri [8]. Sistem proteksi adalah susunan perangkat proteksi secara lengkap yang terdiri dari perangkat utama dan perangkat-perangkat lainnya yang dibutuhkan untuk melakukan fungsi-fungsi tertentu berdasarkan prinsip-prinsip proteksi sesuai dengan definisi-definisi yang terdapat pada standar IEC 6255-20 [8][9].

Koordinasi antara *relay* dan *circuit breaker* (CB) dalam mengamati dan memutuskan gangguan disebut sebagai sistem proteksi. Banyak hal yang harus dipertimbangkan dalam mempertahankan arus kerja maksimum yang aman. Jika arus kerja bertambah melampaui batas aman yang ditentukan dan tidak ada proteksi atau jika proteksi tidak memadai atau tidak efektif, maka keadaan tidak normal dan akan mengakibatkan kerusakan isolasi [10].

1. Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Sistem proteksi merupakan sistem pengamanan yang berguna untuk menghindari peralatan dari kerusakan yang ditimbulkan oleh gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik. Sehingga apabila terjadi gangguan terhadap peralatan listrik tersebut dapat diamankan dengan baik agar tidak terjadi kerusakan ataupun mempengaruhi sistem kelistrikan yang lainnya [10].

Pada sistem proteksi, untuk mengamankan atau menghindari peralatan dari kerusakan sistem proteksi harus memiliki peralatan proteksi yang handal dan dipercaya dapat mengamankan peralatan listrik yang digunakan sehingga pelayanan tenaga listrik berjalan kontinyu serta aman. Keadaan ini melindungi konsumen agar proses produksi atau kegiatan yang berlangsung tidak terhambat dan merugikan baik sisi ekonomi maupun peralatan [10].

Pada industri dan gedung-gedung biasanya mengambil pemakaian dari tegangan menengah. Pada jaringan tegangan menengah sering banyak terjadi gangguan yang cukup beresiko terhadap peralatan listrik yang digunakan. Dengan pemasangan sistem proteksi pada sistem tenaga listrik diharapkan gangguan yang terjadi di setiap sistem tenaga listrik dapat diatasi dan menghindari kerusakan pada peralatan listrik [10].

Terdapat beberapa cara yang sering digunakan dalam mendefinisikan perangkat proteksi sistem tenaga listrik yaitu sebagai berikut [11]:

- Sistem proteksi adalah susunan perangkat proteksi secara lengkap yang terdiri dari perangkat utama dan perangkat-perangkat lainnya yang dibutuhkan untuk melakukan fungsi-fungsi tertentu berdasarkan prinsip-

prinsip proteksi sesuai dengan definisi-definisi yang terdapat pada standar IEC 6255-20.

- Perangkat proteksi adalah kumpulan atau koleksi perangkat proteksi seperti sekering, relay, dan lain sebagainya diluar perangkat trafo arus, perangkat pemutus tenaga yang biasa disingkat PMT atau PMT, kontaktor dan lain sebagainya.
- Skema proteksi adalah kumpulan dari perangkat proteksi yang berfungsi melakukan proteksi dimana semua perangkat yang termasuk dalam sistem proteksi terlibat didalamnya seperti relay-relay, trafo-trafo arus, trafo tegangan, PMT, baterai dan lain sebagainya yang terlibat dalam sistem proteksi.

Sebagaimana diketahui pada dasarnya besaran-besaran listrik terdiri dari bilangan-bilangan kompleks yang perlu diukur oleh elemen-elemen pengukur suatu relay proteksi. Secara analitik besaran-besaran kompleks tersebut biasanya disajikan dalam bentuk matematik dan grafis. Sesuai dengan perkembangan teknologi hingga saat ini relay-relay proteksi yang banyak digunakan pada sistem tenaga listrik pada umumnya dapat diklasifikasikan atas empat jenis relay, yaitu relay elektromekanis, statis, digital, dan numerik [12][13]:

Prinsip kerja relay-relay tersebut pada dasarnya adalah sama namun sesuai dengan teknologi yang digunakan kemampuan dan ketelitian masing-masing relay adalah juga berbeda-beda. Sebagaimana sudah disebut diatas, dalam prakteknya tidak mungkin membuat sebuah relay yang dapat berfungsi untuk mengamankan semua jenis gangguan hanya dengan menggunakan satu besaran tunggal. Tetapi suatu sistem proteksi yang lengkap perlu didisain dapat bekerja atas kombinasi beberapa besaran listrik. Para teknisi sistem proteksi bisa merancang sistem proteksi mereka sesuai dengan bentuk dan jenis jaringan, kondisi operasi, jenis gangguan-gangguan, sistem pentanahan dan lain sebagainya yang perlu distudi lebih dahulu sehingga diperoleh sistem proteksi yang paling tepat [13][14].

2. Peralatan Sistem Proteksi Pada Jaringan Distribusi

Sistem proteksi pada jaringan distribusi didukung oleh beberapa peralatan utama. Peralatan utama inilah yang berfungsi mengatasi gangguan dan mengisolasi bagian jaringan yang terganggu dari bagian yang masih dapat beroperasi dengan baik. Peralatan utama sistem proteksi ini terdiri atas :

a. Instrumen pengukuran

Instrumen pengukuran adalah peralatan proteksi yang berfungsi melakukan pembacaan besaran arus dan tegangan kemudian meneruskan informasi ini ke relay proteksi. Jika besaran arus dan tegangan pada jaringan melewati setelan yang telah dipasang pada relai dimana menandakan terjadinya gangguan, maka relay atau circuit breaker akan segera memutus dan mengisolasi jaringan yang mengalami gangguan tersebut. Adapun instrumen pengukuran ini terdiri atas [15]:

- *Transformer Current (CT)*, yaitu trafo yang dipergunakan untuk mentransformasikan arus atau menurunkan arus besar pada tegangan tinggi menjadi arus kecil pada tegangan rendah untuk keperluan pengukuran dan pengamanan. Kumputan primernya dihubungkan secara seri dengan beban yang akan diukur atau dikendalikan. Beban inilah yang

menentukan besarnya arus yang mengalir ke trafo tersebut. Keumpanan sekunder dibebani impedansi konstan dengan syarat tertentu. Fluks inti dan arus yang mengalir pada rangkaian sekunder akan tergantung pada arus primer. Trafo tersebut juga memiliki beberapa fungsi seperti:

- a) Memberikan sinyal ke relay yang proposional dengan besar arus yang mengalir pada peralatan yang dilindungi.
 - b) Mengurangi besar arus terukur ke level yang dapat ditangani peralatan proteksi.
 - c) Mengisolasi sisi tegangan rendah peralatan proteksi dari sisi tegangan tinggi.
- *Transformator Tegangan (VT)*, yaitu peralatan yang mentransformasikan tegangan sistem yang lebih tinggi ke suatu tegangan sistem yang lebih rendah untuk peralatan indicator, alat ukur/meter dan untuk relai proteksi sistem tenaga listrik. Trafo tegangan didesain untuk pemakaian pada beban resistansi tinggi karena itu tidak pernah dihubungkan singkat pada sisi sekundernya. Tidak seperti pada trafo arus, sisi sekunder trafo tegangan dapat diproteksi dengan *fuse*. Fungsi dari trafo tegangan (VT) adalah sebagai berikut :
 - a) Mentransformasikan tegangan tinggi ke rendah yang sesuai kebutuhan relay.
 - b) Mengisolasi peralatan proteksi dari sistem tegangan tinggi.
 - c) Menentukan rating tegangan untuk relay.

b. Relay proteksi

Relay proteksi adalah suatu alat yang berfungsi mendeteksi gangguan, yang kemudian memberi perintah kepada trip coil, yaitu kumparan yang apabila akan menggerakkan pemutus tenaga (PMT) atau mengetriapkan, PMT akan membebaskan tegangan dari bagian instalasi yang terganggu, dimana berarti gangguan hubung singkat yang terjadi yang dapat merusak peralatan telah menghilang. Relay proteksi merupakan komponen utama sistem proteksi tenaga listrik dalam melaksanakan tugasnya yaitu untuk mengidentifikasi gangguan, untuk itu relay proteksi harus memenuhi beberapa persyaratan keandalan (*reability*) dalam memproteksi bagian yang mengalami gangguan. adapun beberapa syarat keandalan pada relay proteksi, yaitu sensitivitas, selektivitas, keamanan, dan kecepatan [14][15].

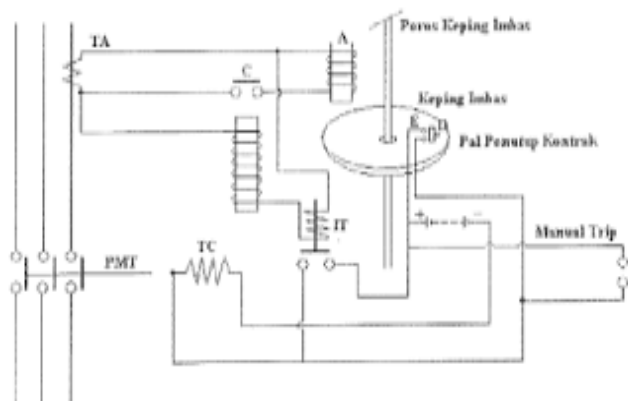
Bagian relay pengamanan terdiri atas beberapa bagian atau elemen seperti:

- Bagian perasa (*senseing element*), pada bagian ini besaran ukur yang dirasakan akan diteruskan kebagian pembanding.
- Bagian pembanding (*comparing element*), pada bagian ini akan menentukan apakah besaran ukur yang dirasakan pada keadaan normal atau sudah pada keadaan tidak normal. Bila keadaan tidak normal, maka relay akan mengetriapkan pemutus tenaga atau signal kebagian control.
- Bagian pengendali, yaitu bagian pemutus tenaga atau signal akan diatur dan dilakukan. Relay dalam bekerjanya menggunakan besaran listrik yang

dihubungkan dengan sistem tenaga listrik yaitu trafo arus atau trafo tegangan.

c. Prinsip kerja relay

Pada nilai tertentu sesuai penyetelan dari relay, kontak C menutup, lalu arus mengalir ke kumparan imbas A sehingga keeping imbas berputas menggerakkan pal D dan mengontak kontak E, sehingga trip coil (TC) mendapat arus dan mengetriapkan PMT. Untuk waktu tunda dari relay dilakukan dengan menyetal jarak antara pal D ke kontak E. Pada nilai arus tertentu yang relative besar sesuai penyetelan dari relay, kumparan instantaneous trip (IT) menutup kontakannya sehingga *trip coil* (TC) langsung bekerja mengetriapkan PMT. Peristiwa ini disebut relay secara instantaneous. Kontak manual trip digunakan untuk mengetriapkan PMT secara manual [16].



Gambar 2. Prinsip kerja relay proteksi

Keterangan :

- A : Kumparan imbas
- TA : transformator Arus
- C : Elektromagnetik untuk menutup kontak
- CD : Pal penutup kontak yang terlengkap pada keping imbas dan berputar bersama keping imbas

3. Relay Arus Lebih (Overcurrent Relay)

Relay arus lebih merupakan salah satu relay proteksi yang digunakan untuk mengamankan jaringan distribusi dan sub-transmisi. Selain itu, berguna untuk mengamankan alat-alat listrik seperti trafo dan generator. Pada jaringan distribusi dan sub-transmisi relay arus lebih ini merupakan pengaman utama dalam melindungi jaringan distribusi dan sub-transmisi sistem radial apabila terjadi gangguan seperti antar fasa atau lebih dikenal dengan *short circuit*. Sedangkan pada alat-alat listrik seperti trafo daya, generator, dan sub transmisi relay arus lebih di fungsikan sebagai proteksi utama maupun *back up* [17][18].

Relay arus lebih ini berkerja dengan cara membaca besaran arus yang kemudian akan membandingkan arus tersebut dengan nilai settingan arus, apabila nilai arua yang diterbaca oleh relay melebihi nilai setting, maka relai akan mengirim perintah tri (lepas) kepada Pemutus Tenaga (PMT) atau Circuit Breaker (CB) setelah tunda waktu yang diterapkan pada setting. Berdasarkan standar IEEE 242 mengenai koordinasi proteksi waktu kerja relay berkisar antara 0.3 – 0.4 detik untuk relay analog dan 0.2 – 0.4 detik untuk relay digital [19][20].

Hal ini bertujuan untuk memastikan *zona back-up* dapat bekerja ketika zona primer gagal dan menghindari

penghantar A3C dengan diameter penghantar 70 mm² dan panjang saluran 50,38 km.

$$Z_1 = Z_2 = (0,1340 + j0,3158) \Omega / \text{km}, \times 50,38 \text{ km} = 6,7 + j15,91 \Omega$$

$$Z_0 = 0,3631 + j1,6180 \Omega / \text{km}, \times 50,38 \text{ km} = 18,29 + j81,51 \Omega$$

Dengan demikian nilai Impedansi penyulang untuk lokasi gangguan dengan jarak 0% - 100% panjang penyulang NG-02 adalah sebagai berikut :

a. Untuk urutan positif dan negatif

Perhitungan untuk impedansi pada jarak 0% panjang penyulang :

$$Z_1 = 0\% \times (6,7 + j15,91) = 0 \Omega$$

Perhitungan untuk impedansi penyulang pada jarak 5% panjang penyulang

$$Z_1 = 5\% \times (6,7 + j15,91) = 0,33 + j0,79 \Omega$$

b. Untuk Impedansi urutan nol

Perhitungan untuk impedansi pada jarak 0% panjang penyulang :

$$Z_0 = 0\% \times (18,29 + j81,51) = 0 \Omega$$

Perhitungan untuk impedansi pada jarak 5% panjang penyulang :

$$Z_0 = 5\% \times (18,29 + j81,51) = 0,91 + j4,07 \Omega.$$

• Impedansi total

a. Untuk impedansi urutan positif dan negatif

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = X_{STM} + X_t + Z_1 \\ = j0,0165 + j0,866 + Z_1, \text{ Jika penyulang jarak } 0\% \\ \text{ maka } j0,8825 + 0 = 0,8825 \Omega$$

b. Untuk impedansi urutan nol

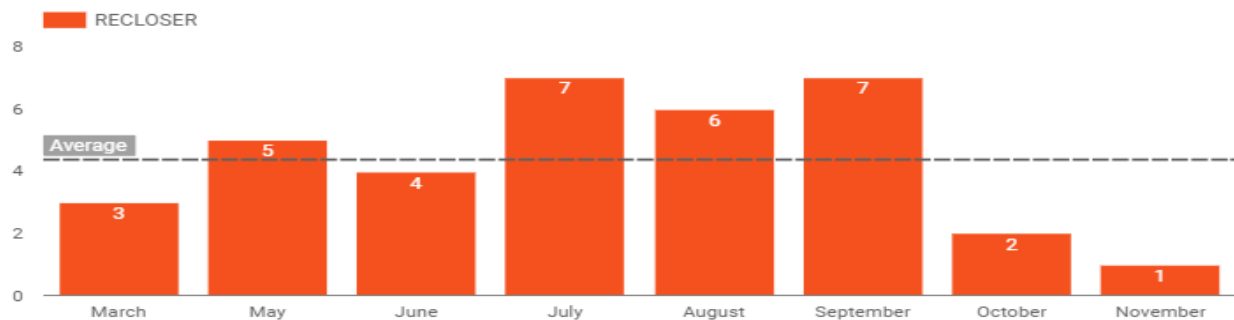
$$Z_{0eq} = X_{t0} + Z_0 \\ = j0,866 + Z_0, \text{ Jika penyulang jarak } 0\% \\ \text{ Maka } j0,866 + 0 = 0,866 \Omega.$$

• Perhitungan arus gangguan hubung singkat

Impedansi ekuivalen sesuai dengan lokasi gangguan, selanjutnya perhitungan arus gangguan hubung singkat, hanya saja impedansi ekuivalen mana yang dimasukkan ke dalam rumus dasar tersebut bisa gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa atau 1 fasa ke tanah.

a. Gangguan hubung singkat 3 fasa

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat 3 fasa adalah $I = \frac{V}{Z}$



Gambar 4. Grafik rekoordinasi proteksi penyulang NG02 – Peunaga

Sehingga arus gangguan hubung singkat 3 fasa dapat dihitung sebagai berikut : $I_{3 \text{ fasa}} = \frac{V}{Z_{1eq}}$

Arus gangguan hubung singkat 3 fasa pada jarak 0% jaringan.

$$I_{3 \text{ fasa}} = \frac{20000 \sqrt{3}}{0 + j0,8825} = 13084,42 \text{ A}$$

b. Gangguan hubung singkat 2 fasa

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat 2 fasa adalah :

$$I_{2 \text{ Fasa}} = \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} = \frac{20000}{(0 + j0,8825)} = 22662,88 \text{ A}$$

• Koordinasi settingan relay

Arus gangguan untuk menentukan besarnya setting TMS relay OCR sisi incoming 20 kV yaitu nilai perhitungan koordinasi relay, waktu kerja relay

TABEL 1. DATA PERHITUNGAN KOORDINASI SETTINGAN RELAY

Posisi PMT	TMS	Kurva	Iset
PMT Incoming	0,34	Standard Inverse	1,03 Ampere
PMT Outgoing NG-02	0,27	Standard Inverse	6 Ampere

TABEL 2. WAKTU KERJA RELAY PADA KEDUA PMT

Waktu Kerja Relay (detik)				
Jarak (km)	jarak (%)	Incoming	Outgoing NG-02	Grading Time
0	0	0,97	0,57	0,4
2,51	5%	1,35	0,73	0,48
12,59	25%	3,68	1,32	0,91
25,19	50%	6,3	2,12	1,88
37,78	75%	8	3,9	4,25
50,38	100%	14,43	8,21	16,81

Tabel 1 dan 2 di atas dapat jelaskan bahwa data yang ada di lapangan masih dalam kondisi yang baik, dibuktikan dengan waktu kerja relay di incoming lebih lama dibanding waktu kerja relay di outgoing dengan selisih waktu (grading time) sehingga tidak terjadi overlap antar pengaman. Adapun dampak dari perubahan koordinasi proteksi pada feeder NG02 – Peunaga ditunjukkan pada Gambar 4.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan diatas tentang koordinasi relay sisi *incoming* dan *outgoing* NG-02, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut yaitu pada lokasi terjadinya gangguan juga mempengaruhi selisih waktu kerja (*gradding time*) relay dimana semakin jauh jarak lokasi gangguan, maka semakin besar selisih waktu kerja relay di *incoming* 20 kV. Hal ini bertujuan memberi kesempatan pada relay di *outgoing* NG-02 untuk bekerja terlebih dahulu sebagai pengaman utama apabila terjadi gangguan hubung singkat di jaringan dan relay di *incoming* bekerja sebagai cadangan apabila relay di *outgoing* tidak bekerja. Relay OCR pada sisi *incoming* maupun *outgoing* 20 kV, sudah berkoordinasi dengan baik. Settingan pada sisi *incoming* adalah sebesar 1,03 A dengan arus gangguan pada sisi primer sebesar 2078,4 A dan rasio CT yang digunakan 2000/1. Waktu *trip* jika gangguan pada jarak 5% ialah 1,35 detik. Sedangkan settingan pada sisi *outgoing* adalah sebesar 6 A dengan arus gangguan pada sisi primer sebesar 960 A dan rasio CT yang digunakan ialah 800/5. Waktu *trip* jika gangguan pada jarak 5% ialah 0,73 detik.

REFERENSI

- [1] E. R. Daniati, Z. Tharo, and S. Anisah, "Analisis Penambahan Trafo Sisip Pada Jaringan 20 kV Dalam Meningkatkan Mutu Tegangan," *INTECOMS J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 7, no. 2, pp. 454-461, 2024.
- [2] S. Luthfi, H. Rangga, N. Hermawan, and P. Surya, "Evaluasi Kinerja Sistem Proteksi Penyulang Trawas PT. PLN (PERSERO) ULP Pandaan," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 11, no. 2, pp. 122-127, 2024.
- [3] A. Ramadani, Y. A. Rahman, M. Masarrang, A. Kali, and Y. S. Pirade, "Analisa Setting Proteksi Over Current Relay (Ocr) Pada Generator 30 Mw Unit Plta Poso Pt. Poso Energy," *Foristek*, vol. 14, no. 1, 2024.
- [4] A. Harjanto, N. R. Alham, B. D. Prabowo, R. M. Utomo, and T. D. Larasati, "Relay Koordinasi Proteksi Over Current Relay (OCR) Pada Sistem IEEE 7 Bus Modified Berbasis Artificial Neural Network (ANN)," *J. Media Elektro*, vol. XII, no. 1, pp. 29-38, 2023.
- [5] H. Nabil, C. Febri, J. Yacaranda, and S. U. Iv, "Analisis Evaluasi Koordinasi Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Switchgear PLTP PT Geo Dipa Energi (Persero)," in *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-9*, 2023, vol. 9, no. 1, pp. 1131-1139.
- [6] H. A. Nanda, Muliadi, Syukri, T. M. Asyadi, and C. Daili, "Analisis Kinerja Recloser Pada Penyulang MK04 dan MK06 di ULP Meulaboh Kota," *AJEETECH (Aceh J. Electr. Eng. Technol.)*, vol. 3, no. 2, pp. 1-8, 2023.
- [7] Zulkarnaeni. (2016). Analisa Perhitungan Setting Over Current Relay Pada Transformator Daya Area Lukit di EMP MALACCA STRAIT SA. *Teknik Elektro ITP*, 72-79
- [8] Suparmono, Robi'atul K Harahap, Cholish*, Martin Sembiring, Abdullah," Studi Pemeliharaan Komponen Utama Pada Gardu Distribusi Tipe Portal di PT. PLN (PERSERO) Rayon Medan Baru. 2021. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro. Vol. 4, No. 1, Juli 2021.
- [9] Budi Eko Prasetyo, Widhy Hayuhardhika Nugraha Putra, Dahnil Syauqy, Adhitya Bhawiyuga, Sigi Syah Wibowo, Ferdian Ronilaya, Indrazno Siradjuddin, Supriatna Adhisuwignjo," Sistem Monitoring Trafo Distribusi PT. PLN (Persero) Berbasis IoT, *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*. Vol. 7, No. 1, Februari 2020.
- [10] Syukri, Asyadi, Teuku Murisal, Muliadi, & Moesnadi, F., (2022). Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249. *JJEEE(Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering)*, 4(2), 202-206.
- [11] J. M. Siburian, T. Siahaan & J. Sinaga,"Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20 kV Dengan Metode THERMOVISI Jaringan PT. PLN (PERSERO) ULP Medan Baru. *JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA*, *Jurnal Teknik Elektro* Volume 9, Nomor 1, Maret 2020 :8-19.
- [12] Syukri Syukri Muliadi Muliadi Ali Akbar 2024 Analisa Perhitungan Susut Teknis Di PT. PLN (Persero) Rayon Singkil. *Jurnal ElektriKa*, Vo. 16, No. 1.
- [13] Muliadi Muliadi, Syukri Syukri, Teuku Murisal Asyadi, 2022." Pengaruh Tingkat Kelembaban Terhadap Kinerja Pemisah (PMS) 150 kV Pada Gardu Induk. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 92-98.
- [14] Ardianto, Firdaus, dan Noveri L M. Analissi Kinerja Sistem Proteksi Berdasarkan Frekuensi Gangguan di Gardu Induk 150KV Garuda Sakti. *JOM FTeknik*, Vol. 4, No. 1, Februari 2017.
- [15] S. Kumar, C. Kumar, S.A Shaikh dan A.A Sahito, (2018). "Voltage Improvement and Power Loss Reductio through Capacitor in Utility Network," *IEEE international Conference on Computing, Mathematics. And Engineering Technplogies – ICoMET 2018*.
- [16] Dermawan, E. (2018). Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka. *Elektum*, 43-48.
- [17] S. Pattabiraman, K. Sampath, M. Kannan, G. Ganesan dan Narayanan, (2019). "Reliability Improvement in Radial Distribution System Through Reconfiguration," *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Asia*, 2019
- [18] *IEEE on Historical Reliability Data for IEEE 3006 standards : Power System Reliabilty*, 2014.
- [19] *IEEE on IEEE Guide for Protection System Transmission-to-Generation Interconnection, May 2015*.
- [20] Nugroho, A., & Sukmadi, T. (2018). Koordinasi Over CUREnt Relay (OCR) sisi Incoming 1 dengan OCR sisi Outgoing KLS 03 pada Gardu Induk Kalisari. *Transmisi Vol.9 No.3* , 115 -119 .
- [21] Ramadhan, R. T. (2018). Koordinasi Sistem Pengaman Penyulang Trafo IV di Gardu Induk Waru.
- [22] Triyono, Y. (2018). Analisis Studi Rele Pengaman (Over Current Relay Dan Ground Fault Relay) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang. *Teknik Pomits*, 159-164.