

Analisis Setting Ground Fault Relay Dengan Sistem Pentanahan Neutral Grounding Resistant 40 Ohm Pada Transformator 30 Mva Terhadap Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah Di Gardu Induk Bolok Menggunakan Software Etap 12.6

Analysis of Ground Fault Relay Setting With 40 Ohm Neutral Grounding Resistant Grounding System On 30 Mva Transformer Against Single Phase To Ground Short Circuit Faults at Bolok Substation using Etap 12.6 Software

Agusthinus S. Sampealo¹⁾, Wellem F. Galla²⁾, Grasella T. Dhalu³⁾

1, 2, 3) Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana Kupang

¹⁾e-mail: agussampeallo65@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan tuntutan kualitas pelayanan yang terus meningkat dari tahun ke tahun di Gardu Induk Bolok, maka perlu dilakukan analisis perhitungan kembali (evaluasi) untuk mengetahui kondisi dan kesiapan peralatan pengaman untuk menjaga kontinuitas dan keandalan sistem tenaga listrik dalam proses penyaluran daya listrik tersebut. Untuk menjaga kelangsungan dan keandalan proses penyaluran daya listrik sistem tenaga listrik tersebut, maka dibutuhkan berbagai sistem proteksi (pengaman) dari gangguan yang mungkin timbul. Jaringan distribusi 20 kV pada transformator TFT 1 70/20 kV 30 MVA menggunakan system pengamanan Ground Fault Relay (GFR) yang digunakan untuk dapat mendeteksi arus hubung singkat terkecil. Penelitian ini menggunakan sistem pentanahan Neutral Grounding Resistor (NGR) dan netral langsung untuk mengetahui penyetelan rele GFR yang tepat saat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah terjadi serta mengetahui pengaruh penyetelan rele jika menggunakan sistem pentanahan netral dengan simulasi ETAP 12.6. Besar arus gangguan maksimum hubung singkat satu fasa dengan metode pentanahan langsung sebesar 1,15 kA, sedangkan besar arus gangguan maksimum dengan metode pentanahan NGR sebesar 0,235 kA. Pada penghubung Bolok – Tenau III penyetelan waktu kerja rele yang didapat dari sistem pentanahan solid yaitu 0,5 s dan penyetelan waktu kerja rele yang diperoleh dari sistem pentanahan NGR, sama yaitu 0,5. Dalam hal ini metode pentanahan menggunakan *Neutral Grounding Resistor* lebih efektif untuk pentanahan netral transformator karena dapat memperkecil arus hubung singkat yang terjadi sehingga tidak membahayakan manusia atau peralatan di sekitar. **Kata Kunci:** *Ground Fault Relay (GFR), Neutral Grounding Resistor (NGR) 40 Ohm, Transformator, Gardu Induk Bolok, ETAP 12.6.*

ABSTRACT

Along with the quality of service that continues to increase from year to year, it is necessary to re-analyze (evaluation) to determine the condition and readiness of the equipment to maintain continuity and the electric power system in the process of sending the electric power. To maintain the continuity and reliability of the process of distributing electric power in the electric power system, therefore various protection systems are needed from disturbances that may arise. 20 kV distribution network on a transformer 30 MVA TFT 1 70/20 kV 30 MVA using a safety system Ground Fault Relay (GFR) that is used to detect the smallest current. This study uses a Neutral Grounding Resistor (NGR) and solid neutral grounding system to determine the proper setting of the GFR while the single-phase short circuit to ground fault occurs and to determine the effect of relay adjustment when using a neutral grounding system by simulating ETAP 12.6. The maximum fault current of a single-phase short circuit with the direct grounding method is 1.15 kA, while the maximum fault current with the NGR grounding method is 0.235 kA. At the Bolok – Tenau III connection, the relay working time setting obtained from the solid grounding system is 0.5 s, and the relay working time setting obtained from the NGR grounding system is 0.5. In this case, the grounding method using a Neutral Grounding

Resistor is more effective for neutral grounding of the transformer because it can reduce the short circuit current that occurs so that it does not endanger humans or nearby equipment.

Keywords : Ground Fault Relay (GFR), 40 Ohm Neutral Grounding Resistor (NGR), Transformaor, Substation Bolok, ETAP 12.6

PENDAHULUAN (Arial 11, Bold, spasi 1,5, spacing before 12 pt, after 6 pt)

Pada penyaluran daya listrik dari pembangkit sampai tersalurkan ke konsumen (beban), jaringan sistem transmisi dan jaringan sistem distribusi memiliki fungsi yang sangat penting. Namun biasanya terjadi gangguan yang bisa memperlambat kinerja sistem tenaga listrik dalam proses penyaluran tenaga listrik (Darma, 2017)

Dalam sistem kelistrikan, transformator daya pada Gardu Induk umumnya menggunakan *Neutral Grounding Resistor* (NGR) dengan resistansinilai tetap yang berperan untuk membatasi arus gangguan tanah. Kekurangan dari sistem pentanahan NGR ialah saat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah terjadi, arus gangguan tanah dapat membesar melebihi batas nilai resistansi NGR yang digunakan sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada NGR dan peralatan lainnya. Nilai arus gangguan tanah membesar karena dipengaruhi oleh kapasitansi dari saluran transmisi. Terjadinya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah akan menyebabkan terjadinya arus gangguan tanah yang besar akibat *line discharging* dari saluran transmisi (Ahmad, 2013)

Seiring dengan tuntutan kualitas pelayanan yang terus meningkat dari tahun ke tahun di Gardu Induk Bolok maka perlu dilakukan analisis perhitungan kembali untuk mengetahui kondisi dan kesiapan peralatan pengaman untuk menjaga kontinuitas dan keandalan sistem tenaga listrik dalam proses penyaluran daya listrik tersebut. Analisis gangguan satu fasa dilakukan di penyulang pada Transformator 30 MVA Gardu Induk yang menggunakan metode pentanahan *Neutral Ground resistant* (NGR) 40 Ohmdan rele gangguan tanah sebagai alat proteksi. Hasil tersebut kemudian disimulasikan pada ETAP 12.6, sehingga kita dapat mengetahui apakah peralatan proteksi pada gardu induk masih bekerja dengan baik atau tidak jika terjadi gangguan hubung singkat.

Jika dibandingkan dengan perangkat lunak lainnya, perhitungan arus hubung singkat menggunakan ETAP lebih mudah karena proses memasukan data dengan adanya nilai tipikal data pada ETAP(Ahmad, 2013). ETAP memiliki perhitungan yang kompleks sehingga dapat melengkapi data yang ada Misalnya hanya dengan memasukan beberapa data maka data yang lain dapat terhitung secara otomatis (Sauerudin, 2015).

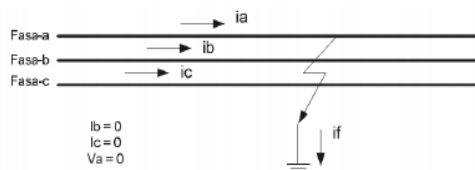
Transformator

Transformator adalah alat listrik yang dapat mengubah tegangan arus bolak-balik dari suatu tingkat ke tingkat yang lain melalui gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi-elektromagnet dimana perbandingan tegangan antara sisi skunder dan sisi primer berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya dan berbanding lurus dengan perbandingan jumlah

lilitan(Sauerudin, 2015).. Prinsip kerja transformator berdasarkan hukum *Faraday* dan *Ampere* yaitu “arus listrik dapat menyebabkan timbulnya medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik.”(Sauerudin, 2015).

Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan satu fasa ke tanah harus segera diproteksi untuk menjaga keamanan dan kinerja suatu sistem tenaga listrik. Gangguan ini dapat terjadi karena pengaruh sebuah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat dengan tanah yang dapat menyebabkan terjadinya bunga api yang bisa merusak inti besi sehingga perbaikannya harus dilakukan secara total (Priyanto, 2017)



Gambar 1. Rangkaian Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah.

$$I_f = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana,

- I_{fault} : Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (A)
- V_f : Tegangan pragangguan (V)
- Z_0 : Impedansi urutan positif (Ohm)
- Z_1 : Impedansi urutan negatif (Ohm)
- Z_2 : Impedansi urutan nol (Ohm)

Ground Fault Relay

Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah sangat bergantung dari jenis pentanahan dan sistemnya. Gangguan 1 fasa ke tanah biasanya bukan merupakan hubung singkat melalui tahanan gangguan, yang menyebabkan arus gangguannya menjadi semakin kecil dan tidak bisa terdeteksi oleh *Over Current Relay* (OCR) (Gafar, 2017)

- *Setting* Arus GFR

Setting arus GFR, digunakan rumus :

$$I_s = (20\% - 30\%) * I_n / CCC \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- I_s = *setting* Arus GFR.
- I_n = Arus nominal CT.
- CCC = (*Current Carrying Capacity*) kemampuan hantar arus kawat penghantar (Ampere).

- *Setting* Waktu

Perhitungan setting waktu, digunakan rumus :

$$T(SI) = \frac{0.14}{(I_{hsphg} / I_s)^{0.02} - 1} * TMS \dots\dots\dots (3)$$

Dimana,

TMS: *Time Multiple Setting*

I : Arus hubung singkat satu fasa

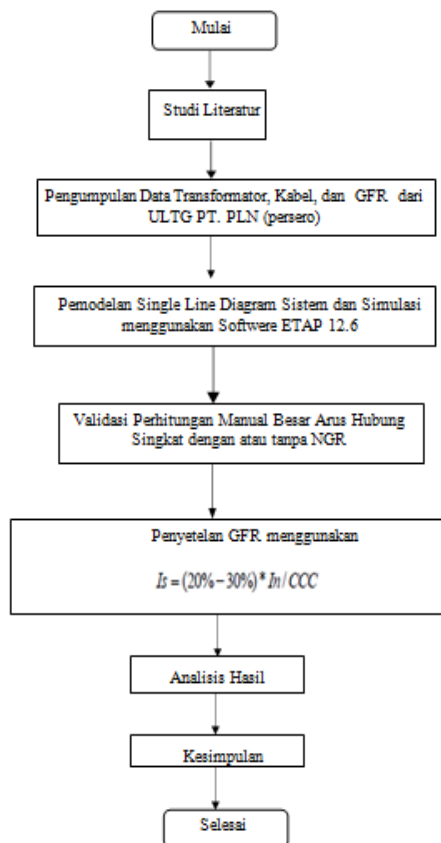
I_s : Standart keamanan karakteristik *invers*

T(SI): Waktu yang diinginkan pada gangguan hubung singkat (Nasrul, 2017)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk Untuk mengetahui besar nilai arus gangguan satu fasa ke tanah menggunakan pentanahan NGR 40 Ohm dan tanpa menggunakan NGR di penyulang pada transformator 30 MVA di Gardu Induk Bolok Kupang.

Penelitian yang digunakan adalah studi literatur dan pengambilan data sekunder di ULTG PT. PLN (Persero) Unit Induk Wilayah (UIW) Nusa Tenggara Timur. Diagram alir penelitian seperti diperlihatkan pada gambar 2 berikut.s



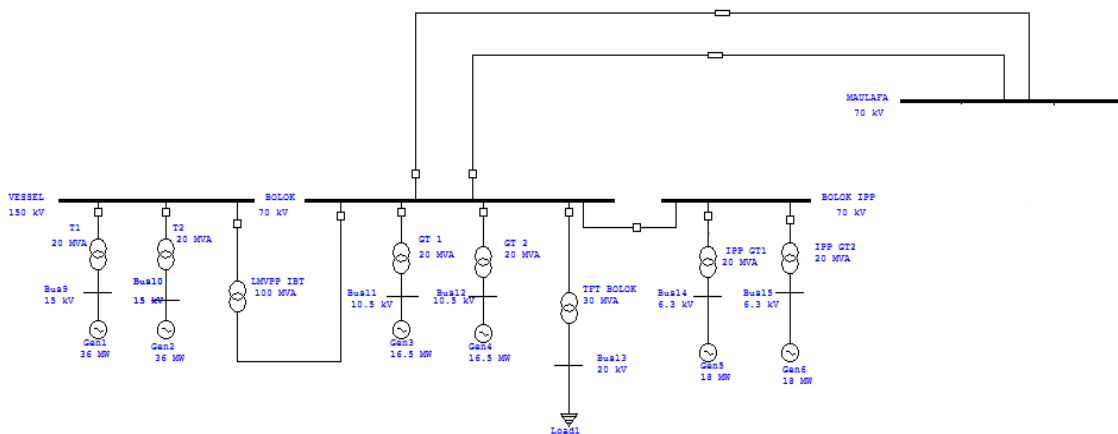
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gardu Induk

Gardu induk bolok merupakan salah satu gardu induk dalam sistem timor yang memiliki peranan penting dalam menyalurkan energi listrik dengan tegangan operasi 70 kV. Daya listrik yang disalurkan tersebut diperoleh dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan daya sebesar 2 x 16,5 MW milik PLN dengan tegangan 10,5 kV, *Independent Power Plant (IPP)* yang membangkitkan energi listrik dengan daya sebesar 2 x 18 MW dengan tegangan 6,3 kV yang kemudian dinaikkan tegangannya menjadi 70 kV menggunakan trafo *step-up*, dan *Leasing Marine Vessel Power Plant (LMVPP)* yang membangkitkan energi listrik dengan tegangan sebesar 150 kV yang kemudian diturunkan tegangannya menjadi 70 kV menggunakan trafo *Inter Bus Transformer (IBT)* untuk selanjutnya diteruskan ke GI Bolok dan kemudian disalurkan melalui jaringan transmisi.

Pada Gardu Induk Bolok terdapat satu transformator daya yang menurunkan tegangan dari 70 kV ke 20 kV untuk pemakaian sendiri Gardu Induk Bolok dan juga disalurkan ke Penghubung Bolok – Tenau. Transformator daya ini di menggunakan sistem pentanahan menggunakan *Neutral Grounding Resistant 40 Ohm*, serta proteksi *Ground Fault Relay* dimana pada sisi 20 kV sebagai rele utama dan sisi 70 kV sebagai rele cadangan (*backup relay*).



Gambar 3. Diagram Satu Garis Pembangkit PT PLN (Persero), IPP, dan LMVPP

Data Transformator Daya 30 MVA 70/20 kV dan GFR sisi 20 kV Gardu Induk Bolok

Data yang digunakan dalam perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Data Trafo Daya 30 MVA 70/20 kV GI Bolok

Daya	30 MVA
Impedansi Trafo	12,25%
Hubungan Belitan	Star – star
Frekuensi	50 Hz
Tap Changer	17 Tap
Rated Voltage	High : 66 kV Low : 20 kV
I Nominal 70 Kv	157,5 A
I Nominal 20 Kv	262,4 A
Merek	Unindo
Arus hubung singkat trafo (I_{sc})	2,91 kA

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Setting* GFR tanpa menggunakan NGR pada Transformator Daya sisi 20 kV.

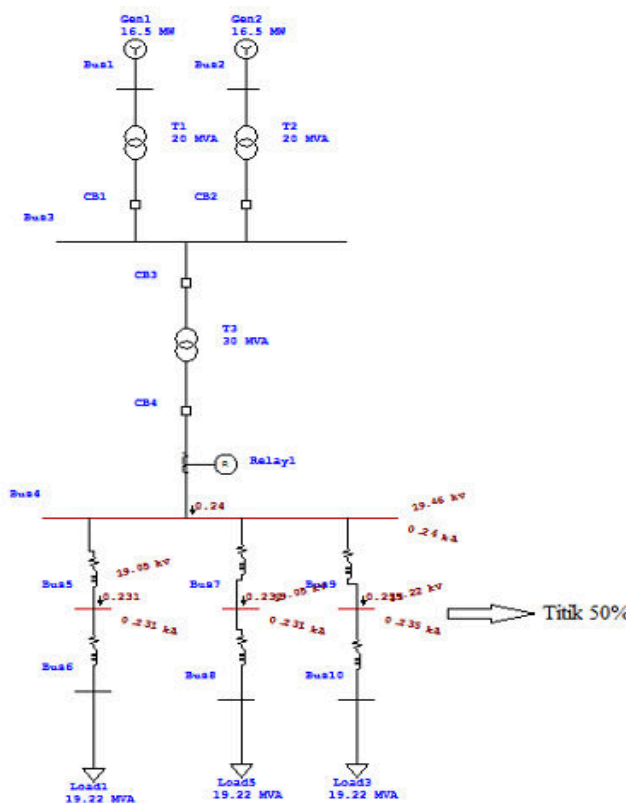
No	Perhitungan	Transformator		
		Penghubung Bolok – Tenau I	Penghubung Bolok – Tenau II	Penghubung Bolok – Tenau III
1	I_p	424 A	424A	460A
2	I_s	2,12 A	2,12A	2,3 A
3	TMS	0,066	0,066	0,066
4	Tact	0,49 detik	0,49 detik	0,50 detik

Tabel 3. Data *Setting* GFR GI Bolok pada Transformator Daya sisi 20 kV.

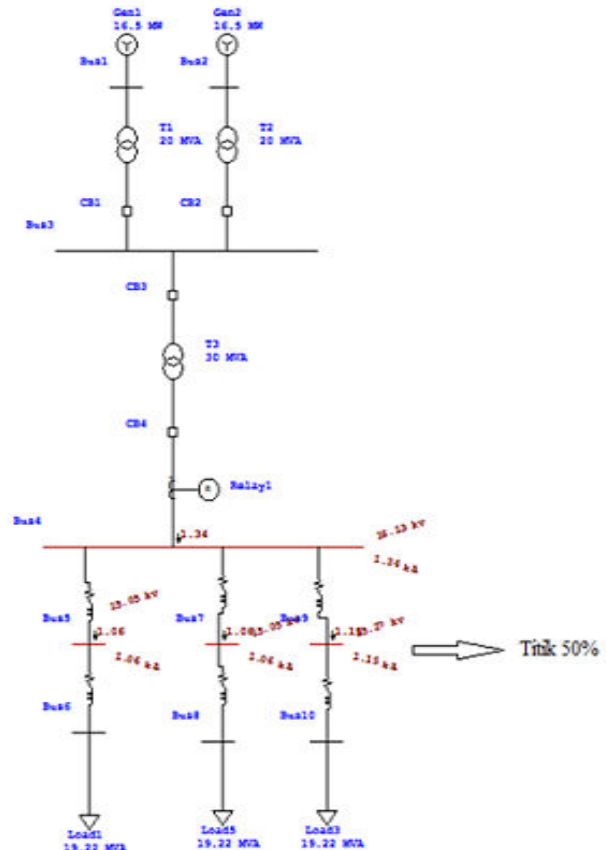
Ratio CT	1000 / 5 A
Waktu kerja	0,50 detik
Trip PMT	30 A
I_p Pickup	5 A

Pemodelan Single Line Diagram Gardu Induk Bolok di Software ETAP 12.6

Membuat pemodelan *single line diagram* Gardu Induk Bolok menggunakan *software* ETAP 12.6 untuk menganalisa hubung singkat satu fasa ke tanah sebelum melakukan *setting* rele, dimana dalam proses ini juga dilakukan proses input data yang sudah didapat dari data sekunder seperti data *generator*, *transformator*, beban, CT dan data GFR.



Gambar 4. Hubung singkat fasa ke tanah menggunakan Neutral Grounding resistansi 40 Ohm pada software ETAP 12.6



Gambar 5. Hubung singkat fasa ke tanah tanpa menggunakan Neutral Grounding Resistansi pada software ETAP 12.6

Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Perhitungan Impedansi Sumber (Zs)

Untuk menghitung besar impedansi sumber, maka terlebih dahulu dihitung MVA hubung singkat (MVA_{sc}) menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$MVA_{sc} = \sqrt{3} \times I_{sc} \times V_{ph(70)} \dots \dots \dots (4)$$

$$MVA_{sc} = \sqrt{3} \times 2,91 \times 70$$

$$= 352,81$$

Maka impedansi sumber di sisi sekunder dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut,

$$Z_{S(20)} = \frac{kV(\text{sekunder})^2}{MVA_{sc}}$$

$$Z_{S(20)} = \frac{20^2}{352,81}$$

$$= 1,134 \Omega$$

Menghitung Reaktansi Trafo (Xs)

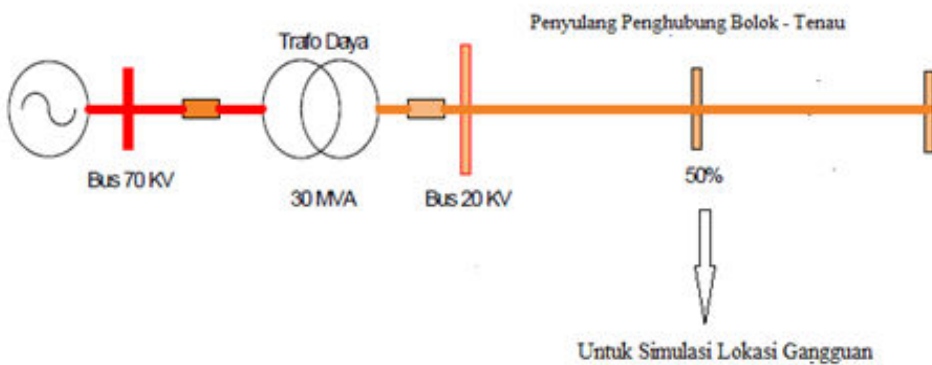
Nilai reaktansi trafo, dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_t = \frac{kV^2 \text{ dasar}}{MVA \text{ dasar}} \dots\dots\dots (5)$$
$$X_t = \frac{20^2}{30}$$
$$= 13,3 \Omega$$

Untuk nilai urutan positif dan negatif ($X_{t1} = X_{t2}$) menggunakan persamaan enam (6). Impedansi Trafo GI Bolok sebesar 12,25% maka :

$$X_{t1} = Z_t \times X_t \dots\dots\dots (6)$$
$$= 12,25\% \times 13,3 \Omega$$
$$= 1,629$$
$$X_{t1} = X_{t2} = j1,629 \Omega$$

Menghitung Impedansi Penghantar jaringan.



Gamabar 6. Penyulang Penghubung Bolok - Tenau

Data teknis yang diperoleh GI Bolok memiliki 3 penyulang yaitu penghubung Bolok – Tenau I,II, dan III, yang akan digunakan sebagai sebagai obyek penelitian. Penghantar yang digunakan adalah jenis kabel A3C dengan diameter dan panjang yang berbeda.

Tabel 4. Impedansi Urutan Positif dan Nol Penghantar AAAC

Penampang nominal (mm ²)	jari-jari (mm ²)	Jumlah urat	GMR(mm ²)	Impedansi urutan positif(Ω/km)	Impedansi urutan nol(Ω/km)
16	2.2563	7	1.638	2.0161+j0.4036	1.164+j1.6911
25	2.8203	7	2.0475	1.2903+j0.3895	1.4384+j1.6770
35	3.3371	7	2.4227	0.9217+j0.3790	1.0697+j1.6665
50	3.9886	7	2.8957	0.6452+j0.3678	0.7932+j1.6553
70	4.7193	7	3.4262	0.4608+j0.3572	0.6088+j1.6447
95	5.4979	19	4.1674	0.3396+j0.3449	0.4876+j1.6324
120	6.1791	19	4.6837	0.2688+j0.3376	0.4618+j1.6251
150	6.9084	19	5.2365	0.2162+j0.3305	0.3341+j1.6180
185	7.6722	19	5.8155	0.1744+j0.3239	0.3224+j1.6114
240	8.7386	19	6.6238	0.1344+j0.358	0.2824+j1.6003

1. Pada Penghubung Bolok- Tenau I jenis penghantar yang digunakan A3C dengan diameter 35 mm² , dan panjang penghantar 8,59 kms.Maka besar impedansi hantaran penghubung Bolok-Tenau II urutan positif dan negatif $Z_1 = 0,9217 + j0,3790$ dan impedansi urutan nol $Z_0 = 1,0697 + j1,6665$.
2. Pada Penghubung Bolok- Tenau II jenis penghantar yang digunakan A3C dengan diameter 35 mm² , dan panjang penghantar 8,40 kms.Maka besar impedansi hantaran penghubung Bolok-Tenau II urutan positif dan negatif $Z_1 = 0,9217 + j0,3790$ dan impedansi urutan nol $Z_0 = 1,0697 + j1,6665$.
3. Pada Penghubung Bolok- Tenau III jenis penghantar yang digunakan A3C dengan diameter 70 mm² , dan panjang penghantar 5,52 kms. Maka besar impedansi hantaran penghubung Bolok-Tenau III urutan positif dan negatif $Z_1 = 0,4608 + j0,3572$ dan impedansi urutan nol $Z_0 = 0,6088 + j1,6447$.

Selanjutnya dihitung nilai impedansi hantaran penghubung Bolok – Tenau I, II, dan III dengan jarak lokasi 50% sebagai berikut :

Impedansi hantaran penghubung Bolok – Tenau I, II, dan III

- Impedansi urutan Bolok - Tenau I

Impedansi urutan Positif II AAAC 8,40 kms (0,9217 + j0,3790)

$$Z_1 = 50\% = 50\% \times 8,59 (0,9217 + j0,3790) = 3,963 + j1,629 \Omega$$

Impedansi urutan Nol AAAC 8,40 kms (1,0697 + j1,6665)

$$Z_0 = 50\% = 50\% \times 8,59 (1,0697 + j1,6665) = 4,599 + j 7,166 \Omega$$

- Impedansi urutan Bolok – Tenau II

SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Kupang, 02 November 2021

Impedansi urutan Positif II AAAC 8,40 kms (0,9217 + j0,3790)

$$Z_1 = 50\% = 50\% \times 8,40 (0,9217 + j0,3790) = 3,871 + j1,592 \Omega$$

Impedansi urutan Nol AAAC 8,40 kms (1,0697 + j1,6665)

$$Z_0 = 50\% = 50\% \times 8,40 (1,0697 + j1,6665) = 4,493 + j 6,999 \Omega$$

- Impedansi urutan Bolok - Tenau III

Impedansi urutan Positif AAAC 5,52 kms (0,4608 + j0,3572)

$$Z_1 = 50\% = 50\% \times 5,52 (0,4608 + j0,3572) = 1,271 + j0,985 \Omega$$

Impedansi urutan Nol AAAC 5,52 kms (0,6088 + j1,6447)

$$Z_0 = 50\% = 50\% \times 5,52 (0,6088 + j1,6447) = 1,680 + j 4,539 \Omega$$

Impedansi Ekuivalen Urutan Positif dan negatif dihitung dengan menggunakan persamaan 7.

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_s + X_{t1} + Z \dots\dots\dots (7)$$

Penghubung Bolok – Tenau I

$$Z_1 = 50\% = J2,763 + (3,963 + j,629) = 3,963 + j4,392 \Omega$$

Penghubung Bolok – Tenau II

$$Z_1 = 50\% = J2,763 + (3,871 + j,1592) = 3,871 + j4,355 \Omega.$$

Penghubung Bolok – Tenau III

$$Z_1 = 50\% = J2,763 + (,963 + j,629) = 3,963 + j4,392 \Omega.$$

Impedansi Nol tanpa menggunakan NGR, dihitung dengan persamaan 8.

$$Z_{0eq} = X_{t0} + 3RN + Z_0 \dots\dots\dots (8)$$

Penghubung Bolok – Tenau I

$$Z_1 = 50\% = J16,29 + (4,599 + j 7,166) = 4,599 + j23,456 \Omega.$$

Penghubung Bolok – Tenau II

$$Z_1 = 50\% = J16,29 + (4,493 + j 6,999) = 4,493 + j23,289 \Omega.$$

Penghubung Bolok – Tenau III

$$Z_1 = 50\% = J16,29 + (1,680 + j 4,539) = 1,680 + j20,829 \Omega.$$

Impedansi Nol menggunakan NGR, dihitung dan diperoleh hasil sebagai berikut :

Penghubung Bolok – Tenau I

$$Z_0 = 50\% = j16,29 + 120 (4,599 + j7,166) = 124,599 + j23,456 \Omega$$

Penghubung Bolok – Tenau II

$$Z_0 = 50\% = j16,29 + 120 (4,493 + j6,999) = 124,493 + j23,289 \Omega$$

Penghubung Bolok – Tenau III

SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Kupang, 02 November 2021

$$Z_0 = 50\% = j16,29 + 120 (1,680 + j 4,539) = 121,68 + j20,829 \Omega$$

Perhitungan Arus Hubung Singkat Tanpa NGR.

- Penghubung Bolok – Tenau I

$$1\phi = \frac{3 \times V_{pn}}{Z_{1eki} + Z_{2eki} + Z_{0eki}} \dots\dots\dots (9)$$

$$1\phi = 50\% = \frac{34641}{(7,926+j8,784) + (4,599 + j23,456)} \\ = 1001,56 \text{ A} \approx 1,002 \text{ kA}$$

- Penghubung Bolok – Tenau II

$$1\phi = 50\% = \frac{34641}{(7,742+j8,71) + (4,493 + j23,28)} \\ = 1011,42 \text{ A} \approx 1,011 \text{ kA}$$

- Penghubung Bolok – Tenau III

$$1\phi = 50\% = \frac{34641}{(2,542+j7,496) + (1,680 + j20,829)} \\ = 1164,95 \text{ A} \approx 1,165 \text{ kA}$$

Perhitungan Arus Hubung Singkat NGR

- Penghubung Bolok – Tenau I

$$1\phi = 50\% = \frac{34641}{(2,542+j7,496) + (1,680 + j20,829)} \\ = 253,977 \text{ A} \approx 0,253 \text{ kA}$$

- Penghubung Bolok – Tenau II

$$1\phi = 50\% = \frac{34641}{(7,742+j8,71) + (124,493 + j23,28)} \\ = 254,621 \text{ A} \approx 0,255 \text{ kA}$$

- Penghubung Bolok – Tenau III

$$1\phi = 50\% = \frac{34641}{(2,542 + j7,496) + (121,68 + j20,829)} \\ = 271,873 \text{ A} \approx 0,271 \text{ kA}$$

Tabel Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah.

Perbandingan nilai arus hubung singkat 1 phasa ke tanah antara hasil simulasi dan perhitungan (untuk keperluan validasi) diperlihatkan pada table 5 dan 6 berikut ini.

Tabel 5. Perbandingan nilai arus hubung singkat 1 phasa ke tanah antara hasil simulasi dan perhitungan manual menggunakan NGR 40 Ohm.

	Jenis Gangguan	Simulasi	Perhitungan Manual	Selisih
		(kA)	(kA)	(kA)
Penghubung Bolok – Tenau I	1 Phasa ke Tanah	0,231	0,253	0,02
Penghubung Bolok – Tenau II	1 phasa ke Tanah	0,231	0,254	0,02
Penghubung Bolok – Tenau III	1 phasa ke Tanah	0,235	0,257	0,02

Tabel 6. Perbandingan nilai arus hubung singkat 1 phasa ke tanah antara hasil simulasi dan perhitungan manual tanpa menggunakan NGR

	Jenis Gangguan	Simulasi	Perhitungan Manual	Selisih
		(kA)	(kA)	(kA)
Penghubung Bolok – Tenau I	1 Phasa ke Tanah	1,06	1,01	0,05
Penghubung Bolok – Tenau II	1 phasa ke Tanah	1,06	1,00	0,06
Penghubung Bolok – Tenau III	1 phasa ke Tanah	1,15	1,17	0,02

Penyetelan GFR Menggunakan NGR

Perhitungan besar arus hubung singkat phasa ke tanah menentukan *setting* arus rele gangguan tanah. Penyetelan rele arus gangguan tanah di transformator 30 MVA sisi 20 kV menggunakan besar arus gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah terbesar yang terjadi pada penyulang Penghubung Bolok – Tenau. Arus gangguan hubung singkat terbesar terjadi pada penyulang Penghubung Bolok – Tenau III pada titik 50% yaitu sebesar 0,235 kA.

- Setting Arus GFR

$$I_s = (20\% - 30\%) * I_n / CCC$$

$$I_p = 0,3 \times 235 \text{ A} = 70,5 \text{ A}$$

$$I_s = 70,5 \times \frac{5}{1000} = 0,35 \text{ A}$$

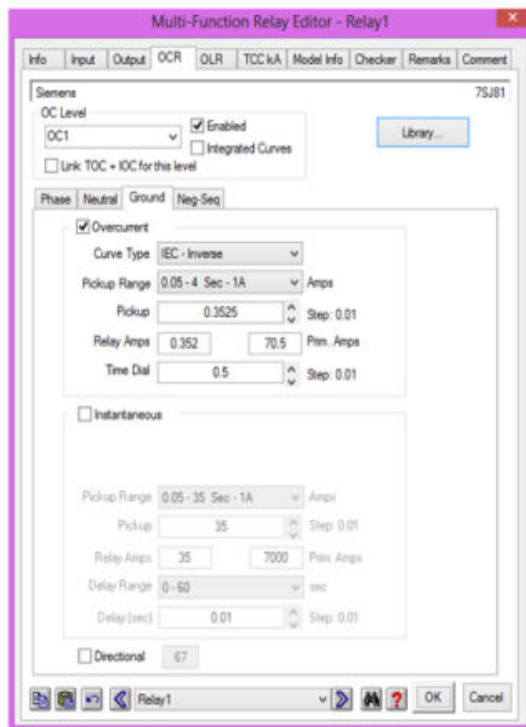
$$TMS = \frac{\left(\frac{235}{70,5}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \cdot 0,50 = 0,087$$

$$T_{act} = \frac{0,14}{\left(\frac{235}{70,5}\right)^{0,02} - 1} \cdot 0,087 = 0,50 \text{ detik}$$

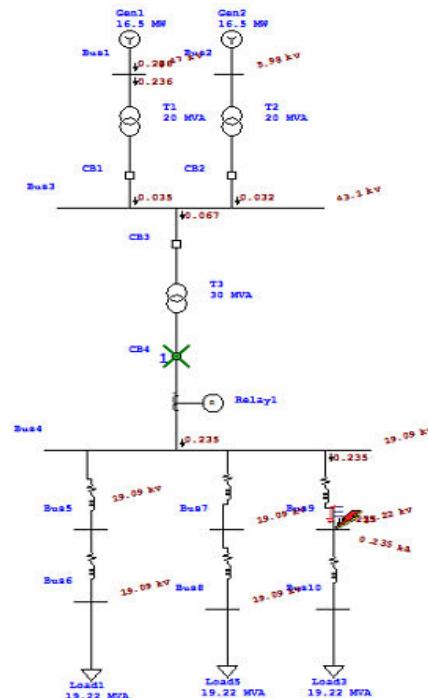
SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Kupang, 02 November 2021

Data tersebut kemudian di masukan pada data *setting* rele di ETAP 12.6 seperti pada gambar gambar 7 dibawah ini.

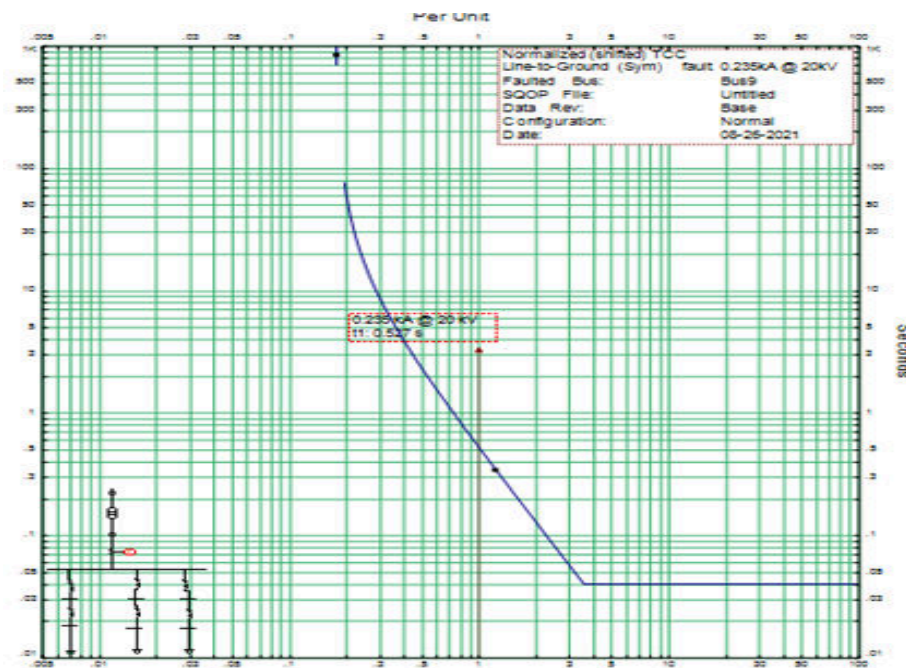


Gambar 7. Setting Ground Fault Relay, NGR grounding pada software ETAP 12.6.



Gambar 8. Trip CB saat terjadi gangguan satu fasa ke tanah menggunakan NGR.

Kurva kerja rele gangguan tanah diperlihatkan pada gambar 9 berikut:



Gambar 9. Kurva kerja GFR Penghubung Bolok - Tenau menggunakan NGR pada software ETAP 12.6

Penyetelan GFR Menggunakan NGR.

Arus gangguan hubung singkat terbesar terjadi pada penyulang Penghubung Bolok – Tenau III pada titik 50% yaitu sebesar 1,15 kA.

- Setting Arus GFR

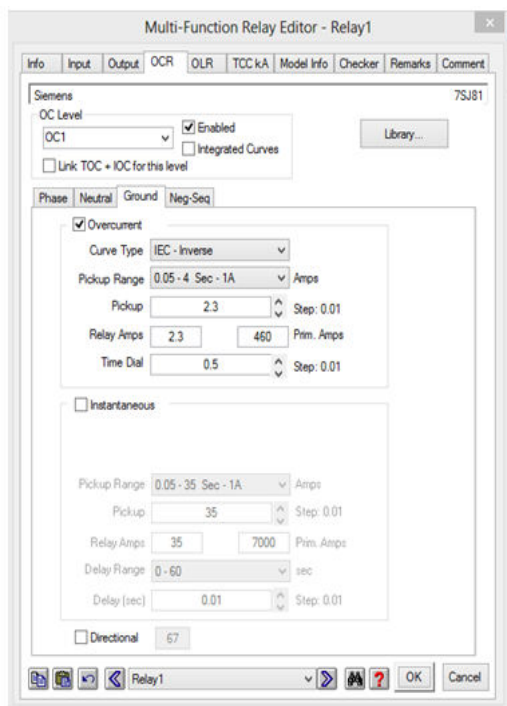
$$I_p = 0.4 \times 1150 \text{ A} = 460 \text{ A}$$

$$I_s = 460 \times \frac{5}{1000} = 2,3 \text{ A}$$

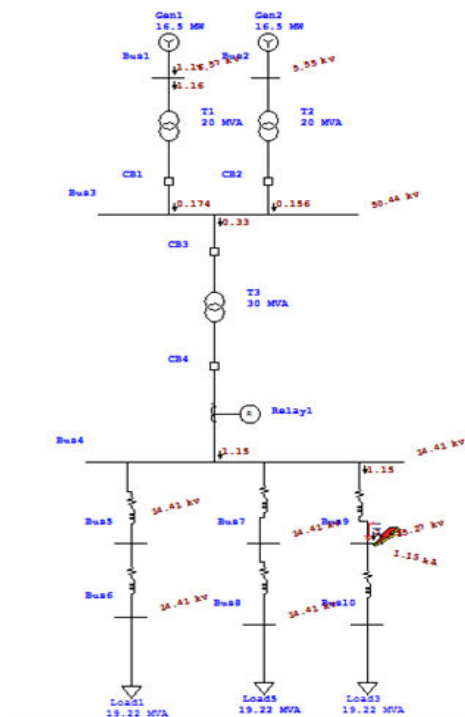
$$TMS = \frac{\left(\frac{1150}{460}\right)^{0.02} - 1}{0,14} \cdot 0.50 = 0,066$$

$$T_{act} = \frac{0,14}{\left(\frac{1150}{460}\right)^{0.02} - 1} \cdot 0.066 = 0.50 \text{ detik.}$$

Data tersebut kemudian di masukan pada data *setting* rele di ETAP 12.6 seperti pada gambar dibawah ini:

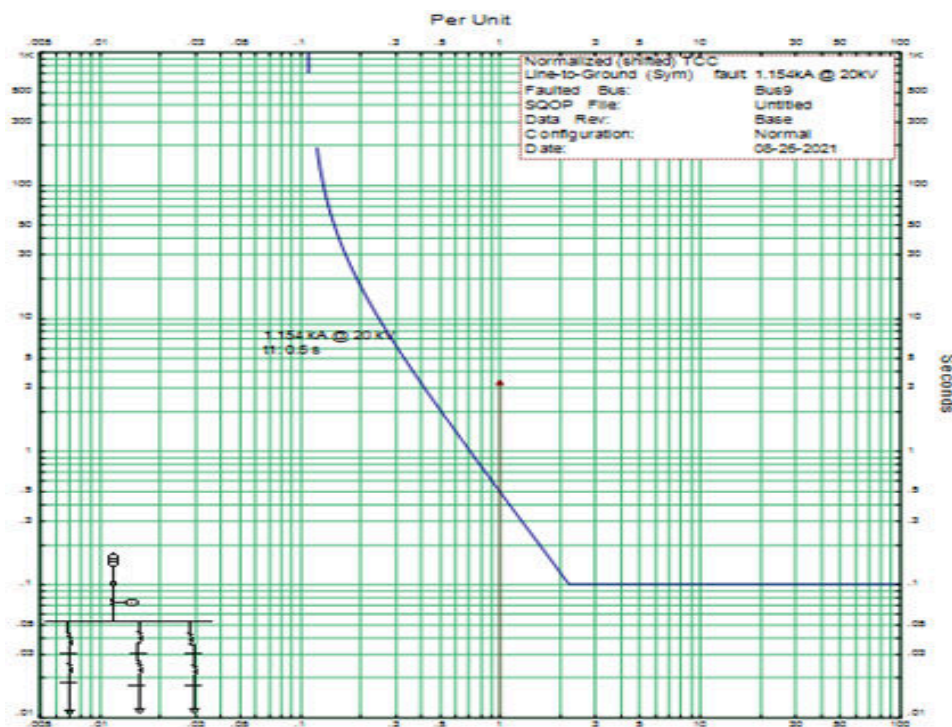


Gambar 10. *setting* Ground fault relay, tanpa NGR pada software ETAP 12.6.



Gambar 11. Trip CB saat terjadi gangguan satu fasa ke tanah tanpa menggunakan NGR.

Kurva kerja rele gangguan tanah seperti gambar 12 berikut:



Gambar 12. Kuva kerja GFR Penghubung Bolok - Tenau tanpa menggunakan NGR, pada software ETAP 12.6.

Dari hasil perhitungan yang sudah disimulasikan, rele bekerja dengan baik dimana rele memutuskan pada waktu 0,50 detik pada saat terjadi gangguan sesuai dengan waktu pemutusan rele gangguan tanah dari hasil perhitungan.

KESIMPULAN

1. Besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah menggunakan sistem pentanahan *Neutral Grounding Resistor* (NGR) 40 Ohm yang terjadi pada Penghubung Bolok – Tenau I adalah sebesar 0,231 kA, Penghubung Bolok – Tenau II 0,231 kA, dan pada Penghubung Bolok – Tenau III sebesar 0,235 kA.
2. Besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah tanpa menggunakan sistem pentanahan *Neutral Grounding Resistor* (NGR) yang terjadi pada Penghubung Bolok – Tenau I adalah sebesar 1,06 kA, Penghubung Bolok – Tenau II 1,06 kA, dan pada Penghubung Bolok – Tenau III sebesar 1,15 kA.
3. Penyetelan rele gangguan ditentukan melalui besar arus hubung singkat. Penyetelan yang dilakukan menggunakan besar maksimum arus gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi di penyulang penghubung Bolok tenau III di titik 50%, yaitu yang menggunakan *Neutral Grounding*

SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Kupang, 02 November 2021

Resistor (NGR) 40 Ohm adalah sebesar 0,235 kA dan tanpa menggunakan NGR sebesar 1,15 kA.

DAFTAR PUSTAKA

- I.K.A.S DARMA, I.G.D ARJANA, and A.A.G.M PEMAYUN, "Studi Pengaruh Pemasangan NGR 40 Ohm pada Uprating Transformator 2 GI Gianyar Terhadap Gangguan Hubung,"*Teknologi Elektro, Vol. 16, No. 02, Mei - Agustus 2017*, pp. 1-6, 2017.
- FERDINAN AHMAD, *Analisis Pentanahan Netral pada Gardu Induk 50 KV pada Sistem Interkoneksi SUMBAGSEL*. LAMPUNG, 2013.
- Lestanto Multa, *Modul Pelatihan Etap*. Yogyakarta, Indonesia: Magartika, 2013.
- Deni Saefrudin, "Analisis Electric Load Flow (Aliran Daya Listrik) Dalam Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software ETAP Power Station 4.00 Di PT.LokatexPekalongan,"*Edu Electrical Journal*, 2015.
- MHD ARIFIN SIREGAR, *Analisis Ketidakseimbangan Beban pada Transformator Distribusi di PT. PLN (PERSERO) RAYON PANAM PEKANBARU*. PEKANBARU, 2013.
- HENDRA DWI PRIYANTO, *Implementasi Penggunaan Sistem Grounding Generator Menggunakan NGR (Neutral Grounding Resistor) untuk Mereduksi Arus Gangguan 1 Fasa ke Tanah pada PLTD BALIKPAPAN*. MALANG, 2017.
- Ahmad Gaffar Agussalim and Dedi Arisandi, "ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI GARDU INDUK PANAKKUKANG,"*ELEKTRIKA NO. II/TAHUN 14/NOPEMBER 2017*.
- Nasrul ST, M. KOM , "Setting Relai Gangguan Tanah (Gfr) Outgoing Gh Tanjung Pati Feeder Taram PT. PLN (Persero) Rayon Lima Puluh Kota,"*JURNAL TEKNIK ELEKTRO ITP, Vol. 6, No. 2, JULI 2017*.