

Evaluasi Setting Rele Proteksi Differensial pada Generator Unit 2 PLTP Kamojang POMU menggunakan Simulasi ETAP

Yoga Tri Laksono, Syahrial

Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: yogatrilaksono6@gmail.com

Received xx xx xxxx | *Revised* xx xx xxxx | *Accepted* xx xx xxxx

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi setting relay diferensial 87GT pada generator unit 2 PT. Indonesia Power Kamojang POMU dengan cara melakukan perhitungan matematis untuk mendapatkan nilai parameter-parameter arus diferensial. Setelah didapatkan hasil perhitungan selanjutnya parameter-parameter tersebut di simulasikan menggunakan software ETAP 12.6 untuk membuktikan bahwa setting yang dilakukan sudah mampu membuat rele bekerja dengan cepat dan selektif. Adapun hasil yang didapatkan dari hasil perhitungan sebagai berikut: rasio CT di sisi primer generator 4000/5 A dan di sisi sekunder generator 400/5 A, nilai eror mismatch di sisi primer generator 1,27% dan di sisi sekunder CT 0,78%, nilai persen Slope 23,9% dan arus setting minimum diferensial 0,18 p.u. Dari hasil simulasi, parameter-parameter diatas sudah mampu mengisolasi gangguan arus hubung singkat pada generator.

Kata kunci: Arus Hubung Singkat, Generator, Setting Relay Diferensial, Proteksi Generator, Relay Diferensial 87GT

ABSTRACT

In this study, the evaluation of the 87GT differential relay setting on the generator unit 2 PT. Indonesia Power Kamojang POMU by performing mathematical calculations to obtain the values of the differential current parameters. After obtaining the calculation results, these parameters are simulated using ETAP 12.6 software to prove that the settings made are able to make the relay work quickly and selectively. The results obtained from the calculation are as follows: the ratio of CT on the primary side of the generator is 4000/5 A and on the secondary side of the generator is 400/5 A, the mismatch error value on the primary side of the generator is 1.27% and on the secondary side CT is 0.78%. , the value of the percent Slope is 23.9% and the minimum differential setting current is 0.18 pu From the simulation results, the above parameters have been able to isolate the short-circuit current disturbance on the generator.

Keywords: Short Circuit Current, Generator, Differential Relay Setting, Generator Protection, 87GT Differential Relay.

1. PENDAHULUAN

Generator dan trafo generator merupakan peralatan penting di dalam pembangkit yang berfungsi dalam produksi daya listrik **(Fitriyani, 2015)**.

Pada kondisi normal generator dapat menyalurkan energi listrik berupa arus dan tegangan menuju trafo untuk selanjutnya disalurkan menuju beban. Namun, selayaknya peralatan listrik lainnya generator juga dapat mengalami kondisi tidak normal atau abnormal yang dapat menyebabkan perubahan energi menjadi tidak optimal bahkan merusak generator itu sendiri **(Pamungkas, 2015)**.

Salah satu gangguan yang sering dialami oleh generator yaitu gangguan arus hubung singkat. Gangguan ini terjadi bila isolasi antar fasa rusak dan bisa terjadi dalam stator generator maupun di luar stator generator **(Santosa, 2015)**.

Oleh karena itu, generator pada pembangkit harus di proteksi agar tidak terjadi gangguan yang tidak diinginkan yang dapat merusak generator maupun peralatan lainnya. Proteksi yang digunakan adalah rele diferensial. Apabila rele ini bekerja maka selain mentripkan PMT generator, PMT medan penguat generator harus trip juga. Selain itu melalui rele bantu mesin penggerak harus dihentikan. Hal ini diperlukan untuk menghentikan sama sekali GGL yang dibangkitkan dalam stator generator, sehingga hubung singkat antar fasa dapat segera berhenti. Pada saat pengopersian generator banyak mengalami gangguan yang berupa arus gangguan hubung singkat, sehingga bila terjadi gangguan rele differensial harus dapat mengamankan generator dari kerusakan yang dapat menyerang pada bagian-bagian belitan dari stator, maupun rotor **(Santosa, 2015)**.

Rele diferensial merupakan rele unit yang bekerja independent atau tidak memerlukan koordinasi dengan rele proteksi lainnya. Namun, rele memerlukan setting agar dapat melakukan kerja dengan kriteria sensitif, handal, selektif dan cepat **(Wahyudin, 2017)**.

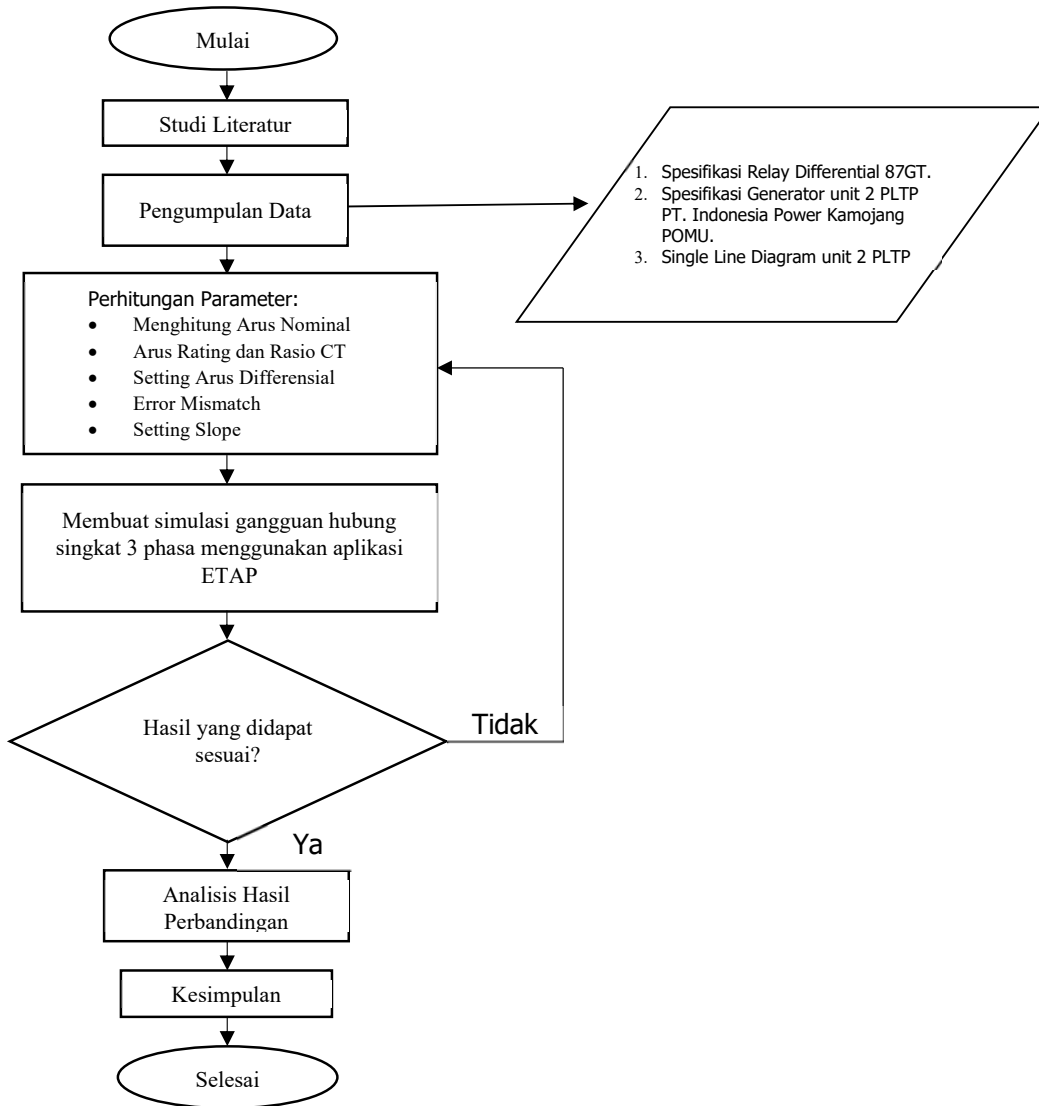
Salah satu cara untuk mengetahui bagaimana relay proteksi bekerja yaitu dengan cara simulasi menggunakan perangkat lunak penganalisis sitem tenaga listrik seperti ETAP. Metode untuk mensimulasikan relay proteksi menggunakan ETAP yaitu dengan memasukkan data-data sistem dan relay proteksi lalu mensimulasikan skenario gangguan dan menghitungnya, setelah itu dilakukan perhitungan setting relay lalu mensimulasikan kerja relay tersebut **(Saputro, 2015)**.

Oleh karena itu, diperlukan evaluasi setting rele diferensial pada generator unit 2 PT. Indonesia Power Kamojang Pomu agar dapat diketahui kelayakan dari setting rele diferensial dengan menghitung parameter rasio CT, menentukan eror mismatch, menghitung arus rele diferensial dan menentukan persen Slope yang hasilnya akan dijadikan parameter untuk simulasi proteksi arus hubung singkat menggunakan *software* ETAP 12.6, yang selanjutnya penelitian ini diharapkan mampu menjadi rujukan parameter *setting* rele diferensial generator unit 2 PT. Indonesia Power Kamojang POMU yang ideal.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 dibawah ini menunjukkan diagram alir penelitian simulasi ETAP untuk evaluasi setting proteksi rele diferensial pada generator unit 2 PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 1, dapat diketahui urutan proses penelitian ini dimulai dengan dilakukan studi literatur, pengumpulan data, perhitungan parameter parameter, simulasi gangguan arus hubung singkat dan analisis hasil perhitungan dan simulasi dengan *setting* yang digunakan di generator Unit 2 PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU.

2.2. Perhitungan Rasio CT Ideal

Pemilihan trafo arus disesuaikan dengan alat ukur dan proteksi. Pemilihan trafo arus dengan kualitas baik akan memberikan perlindungan sistem yang baik pula. Relai diferensial sangat tergantung terhadap karakteristik trafo arus. Jika karakteristik trafo arus bekerja dengan baik, maka sistem akan terlindungi oleh relai diferensial ini secara optimal. Trafo arus ditempatkan dikedua sisi peralatan yang akan diamankan (transformator tenaga) (Yuniarto, 2015).

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}xV_p} \quad (1)$$

$$I_s = \frac{S_s}{\sqrt{3}xV_s} \quad (2)$$

Keterangan:

I = arus nominal (A)
S = daya tersalur (MVA)
V = tegangan keluaran (V)

Transformator dapat menarik beban lebih hingga 110% dari kapasitasnya, selama temperatur belitan dibawah temperatur maksimumnya.

$$I_{rating} = 110\% \times I \quad (3)$$

Maka perbandingan ratio trafo arus dapat dihitung dari nilai arus rating dikedua sisi tegangan transformator tenaga tersebut dan disesuaikan dengan spesifikasi rasio trafo arus yang ada dipasaran sedangkan nilai sekunder trafo arus (5A atau 1A) disesuaikan dengan peralatan proteksinya (Yuniarto, 2015).

2.3. Perhitungan *Error Mismatch*

Error Mismatch adalah kesalahan dalam membaca perbedaan arus dan tegangan di sisi primer dan sekunder transformator tenaga. *Error mismatch* diharapkan nilainya sekecil mungkin agar proteksi relai diferensial bekerja secara optimal dalam mengamankan transformator tenaga. Dengan syarat kesensitifan relai diferensial dalam pengoperasian *Mismatch error* tidak boleh lebih dari 5%. Syarat ini ditentukan untuk proteksi agar optimal menjaga sistem tenaga listrik dari gangguan. *Error mismatch* didapatkan dari perbandingan nilai ratio CT ideal dengan nilai ratio CT yang terpasang / yang ada dipasaran. Berikut adalah persamaannya (Yuniarto, 2015).

$$Error\ Missmatch = \frac{rasio\ CT_{ideal}}{rasio\ CT_{terpasang}} \times 100\% \quad (4)$$

Persamaan untuk menghitung nilai rasio CT ideal adalah (Yuniarto, 2015):

$$Rasio\ CT1\ (ideal) = rasio\ CT2 \times \frac{V_p}{V_s} \quad (5)$$

$$Rasio\ CT2\ (ideal) = rasio\ CT1 \times \frac{V_p}{V_s} \quad (6)$$

Keterangan:

Rasio CT (ideal) = Rasio transformator arus ideal
Rasio CT = Rasio transformator terpasang
Vp = Tegangan Primer (V)
Vs = Tegangan Sekunder (V)

2.4. Menghitung Arus Sekunder CT

Arus yang dikeluarkan oleh trafo arus disebut arus sekunder, dibawah ini merupakan persamaan untuk menghitung nilai arus sekunder yaitu (Yuniarto, 2015):

$$i = \frac{1}{rasio\ CT} \times I_n \quad (7)$$

Keterangan:

i = arus sekunder CT (A)
I_n = arus nominal (A)
Rasio CT = nilai rasio trafo arus (A)

2.5. Menghitung Arus *Restrain*

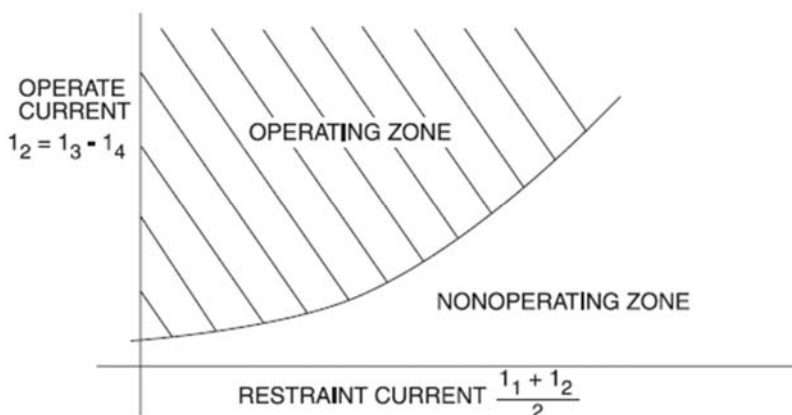
Arus *restrain* adalah arus penahan yang digunakan sebagai parameter kerja dari relay differensial. Arus *restrain* digunakan untuk mengetahui arus rata-rata yang mengalir pada transformator sisi tegangan tinggi dengan sisi tegangan rendah (Sidik, 2018).

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad (8)$$

Keterangan:

- I_r = arus *restrain* (A)
- I_1 = arus sekunder CT1 (A)
- I_2 = arus sekunder CT2 (A)

Jumlah elemen penahan dalam relai adalah fungsi aplikasi di mana relai dirancang. Sebuah generator atau relay diferensial motor berisi dua elemen penahan, di mana relai yang ditujukan untuk proteksi bus atau transformator dapat memiliki beberapa elemen penahan. (IEEE Standard, 2001).



Gambar 2. Karakteristik Operasi Penahan dari Persentase Tetap Relay Diferensial (IEEE Standard, 2001)

Gambar 2 diatas menunjukkan karakteristik *restrain operation* dari relay differensial berdasarkan standard IEEE.

2.6. Menghitung Persen *Slope*

Slope didapat dengan membagi antara komponen arus diferensial dengan arus penahan. *Slope* 1 akan menentukan arus diferensial dan arus penahan pada saat kondisi normal dan memastikan sensitifitas relai pada saat gangguan internal dengan arus gangguan yang kecil. Sedangkan *Slope* 2 berguna supaya relai tidak kerja oleh gangguan eksternal yang berarus sangat besar sehingga salah satu Trafo Arus mengalami saturasi (diset dengan *Slope* lebih dari 50%) Persamaan *Percent Slope*. Berikut persamaan untuk menghitung *percent Slope* (Sidik, 2018):

$$\%slope_1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan:

- I_d = arus diferensial (A)
- I_r = arus *restrain* (A)
- $\%Slope_1$ = setting kecuraman 1 (%)

2.7. Menghitung Arus Differensial

Arus Setting merupakan batasan dalam menentukan apakah relay diferensial akan bekerja atau tidak dengan cara membandingkan dengan arus diferensial. Jika arus diferensial nilainya melebihi arus setting maka relay akan bekerja men-tripkan jaringan. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung arus setting (Yuniarto, 2015):

$$I_{set} = \%slope_1 x I_r \tag{10}$$

Keterangan:

Iset = arus setting rele diferensial (A)

Ir = arus restrain (A)

%Slope1 = setting kecuraman 1 (%)

2.8. Simulasi Arus Hubung Singkat Menggunakan ETAP 12.6

Simulasi hubung singkat yang dilakukan pada aplikasi ETAP bertujuan agar mengetahui nilai arus gangguan hubung singkat. Untuk penyetelan simulasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Short Circuit Study Case

Gambar 3 menunjukkan penyetelan *short circuit study case* yang digunakan untuk mengontrol dan mengelola parameter solusi (*method*) dan laporan output. *Run Short Circuit* ditunjukkan pada Gambar 4 dilakukan untuk mendapatkan hasil arus hubung singkat.



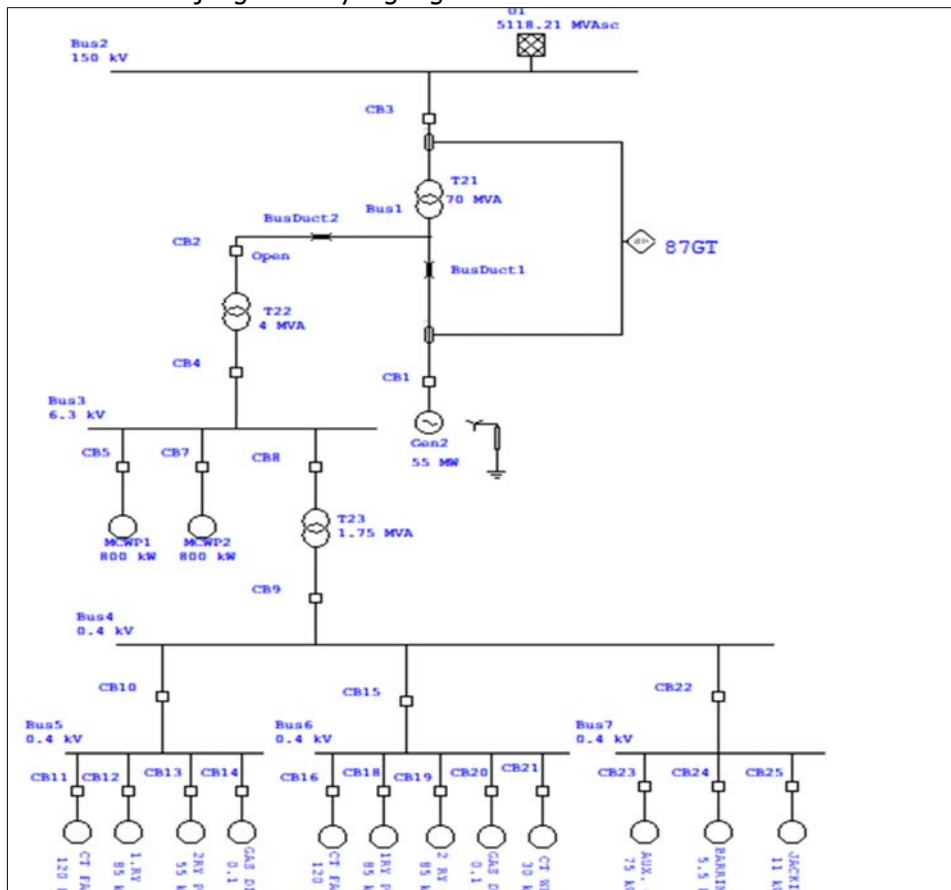
Gambar 4. Tampilan Menu Simulasi Arus Hubung Singkat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Spesifikasi Peralatan

3.1.1. *Single Line Diagram* Unit 2 PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU

Gambar 5 dibawah ini menunjukkan *single line diagram* dari *plant* unit 2 PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU yang digambarkan dalam *software* ETAP 12.6.



Gambar 5. *Single Line Diagram* Unit 2 PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU (PT. Indonesia Power UBP Kamojang, 1980)

Dalam simulasi gangguan arus hubung singkat untuk mengetahui *setting* relay differensial 87GT menggunakan *software* ETAP 12.6 kali ini di asumsikan PMT CB2 dalam kondisi "open" atau dalam kondisi nol, sehingga arus yang keluar dari generator unit 2 akan mengalir menuju transformator *step up* T21 yang selanjutnya akan diteruskan menuju busbar 150kV.

3.1.2. Spesifikasi Generator Unit 2 PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU

Berikut ini adalah data spesifikasi generator unit 2 PT. Indonesia Power Kamojang POMU:

Tabel 1. Spesifikasi Generator Unit 2 PLTP PT.Indonesia Power Kamojang POMU

Keterangan	Spesifikasi
Pabrik Pembuatan	Mitsubishi Electric
Kapasitas Daya	55MW
Tegangan Keluaran	11,8kV
Arus Keluaran	3,3kA
Faktor Daya	0,8

Frekuensi	50Hz
Kecepatan Putaran	3000Rpm
Impedansi (Z1)	0,0252Ω
Connection	Y (Star)

(PT. Indonesia Power UBP Kamojang, 1980)

Tabel 1 diatas menunjukkan spesifikasi generator unit 2 PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU yang memiliki kapasitas 55MW dengan tegangan kelauaran 11,8kV dan arus keluaran 3,3kA.

3.1.3. Spesifikasi Transformator 21 PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU

Dibawah ini merupakan data transformator 21 di generator unit 2 PT. Indonesia Power Kamojang POMU.

Tabel 2. Spesifikasi Transformator T21 PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU

Keterangan	Spesifikasi
Nama	Trafo 21
Kapasitas	11,8kV/150kV 70MVA
Spesifikasi	IEC-76
Tahun	1976
Frekuensi	50 Hz
Rating Daya	70.000 Kva
Impedansi (Z1)	0,0186 p.u

(PT. Indonesia Power UBP Kamojang, 1980)

Tabel 2 diatas menunjukkan spesifikasi transformator *step up* PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU berkapasitas 11,8kV ke 150kV yang selanjutnya akan disalurkan menuju saluran transmisi.

3.1.4. Spesifikasi Rele Differensial 87GT PT. Indonesia Power Kamojang POMU

Dibawah ini adalah data rele differensial 87GT Generator unit 2 PT. Indonesia Power Kamojang POMU.

Tabel 3. Spesifikasi Rele Diferensial 87GT PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU

Keterangan	Spesifikasi
Nama	<i>Generator & Transformers Differential (87GT)</i>
Type	<i>Rasio Differential Relay</i>
Quantity	2 x 3
Pabrik Pembuatan	MELCO
CT Ratio	400/5A,800/5A,4000/5A
Rating Arus	5A
Lokasi	UTRP

(PT. Indonesia Power UBP Kamojang, 1980)

Tabel 3 diatas menunjukkan spesifikasi rele differensial generator transformator (87GT) PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU dengan *rating* arus yang dimiliki yaitu 5A.

3.2. Hasil Perhitungan Matematis

Setelah melakukan perhitungan matematis, hasil perhitungan tersebut dibandingkan dengan data *setting* rele diferensial yang dilakukan oleh PT.Indonesia Power Kamojang POMU, seperti yang terlihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Perbandingan Data Hasil Perhitungan Matematis dan Data Lapangan

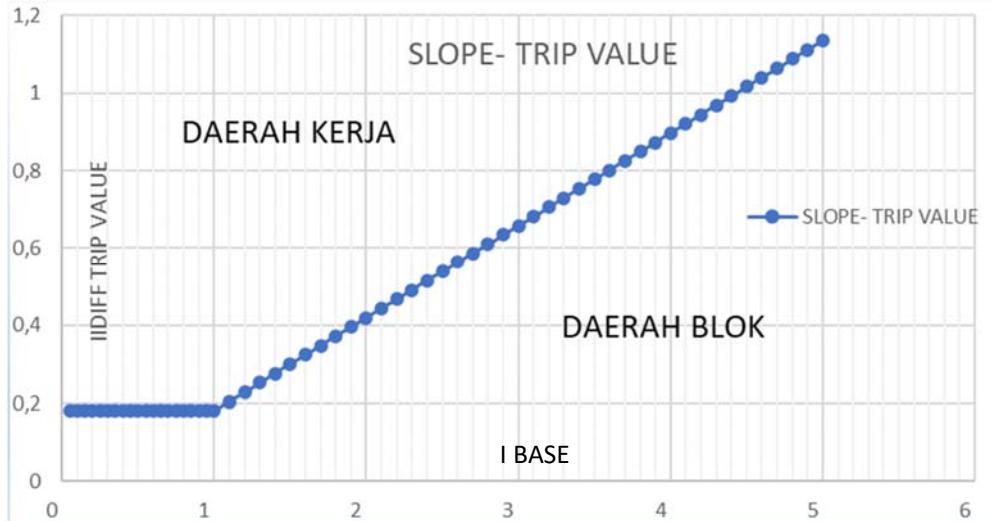
No	Keterangan	Data Hasil Perhitungan	Data PT. Indonesia Power Kamojang POMU
1	Rasio CT primer (11.8kV)	4000:5	4000:5
2	Rasio CT sekunder (150kV)	400:5	400:5
3	Slope 1 (%)	23,9	30
5	I_{relay} (150kV) (A)	4,281	5
6	I_{relay} (11,8kV) (A)	3,367	5
7	I_{dmin} (p,u)	0,8	0.1
8	Waktu operasi rele (ms)	40	50

Tabel 4 diatas menunjukkan perbandingan data hasil pengukuran matematis dengan data *setting* yang dilakukan oleh PLTP PT. Indonesia Power Kamojang POMU. Dari hasil perhitungan terdapat beberapa perbedaan dengan setting yang dilakukan oleh PT.Indonesia Power Kamojang POMU diantaranya, nilai standar *Slope1* 30% ditetapkan PT. Indonesia Power Kamojang POMU karena beberapa faktor yang diperhitungkan diantaranya, kesalahan trafo arus 10%, total *mismatch* 13,8%, arus eksitasi 1%, kesalahan generator 5%.

3.3. Kurva Karakteristik *Slope*

Kurva karakteristik *Slope* didapatkan dengan cara memasukan data arus setting *Slope* dan data %*Slope* kedalam *software* Microsoft excel yang nantinya akan di proses untuk dijadikan sebuah kurva.

Kurva ini berfungsi untuk melihat tingkat kecuraman %*Slope trip value* sebagai indikasi selektifitas rele diferensial.



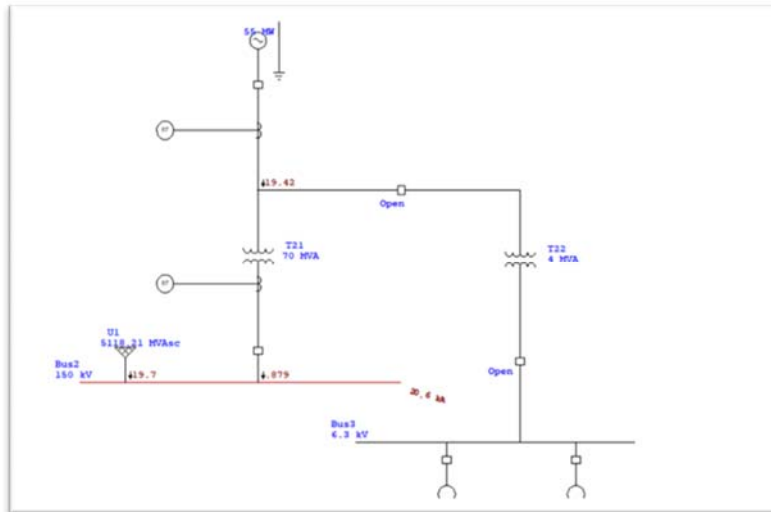
Gambar 6. Kurva Karakteristik Slope Rele Diferensial

Gambar 6 merupakan kurva karakteristik *Slope* hasil dari perhitungan matematis dengan nilai $I_{d minimum} = 0,18$ p.u. dan %*Slope* = 23,9%.

3.4. Simulasi Arus Hubung Singkat Menggunakan *Software* ETAP 12.6

3.4.1. Simulasi Arus Hubung Singkat Diluar Zona Proteksi

Gambar 7 dibawah ini menunjukkan hasil simulasi arus hubung singkat tiga fasa dengan studi kasus terjadi gangguan arus hubung singkat diluar zona proteksi relay differensial 87GT.

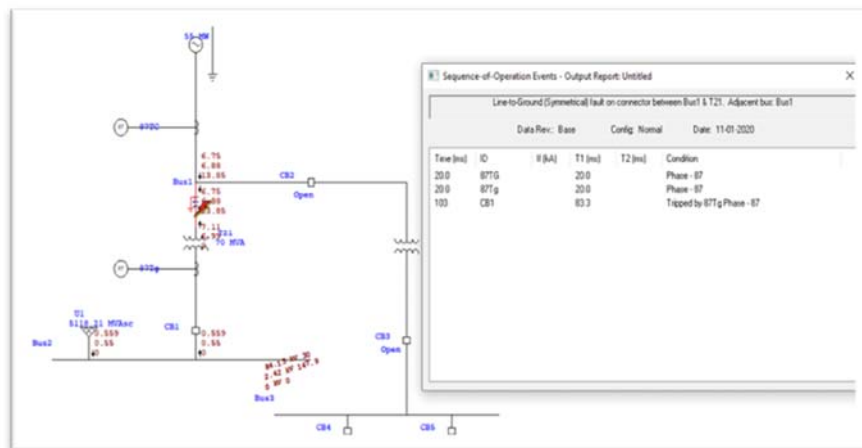


Gambar 7. Simulasi Gangguan Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Diluar Zona Proteksi

Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi lewat aplikasi ETAP dengan kondisi gangguan hubung singkat tiga fasa di sisi busbar 150kV sebesar $I_{sc3\text{ fasa}} = 20,6\text{kA}$. Pada simulasi ini rele tidak bekerja karena gangguan yang terjadi berada diluar zona proteksi rele differensial.

3.4.2. Simulasi Arus Hubung Singkat Satu Fasa

Gambar 8 dibawah ini menunjukkan hasil simulasi arus hubung singkat satu fasa dengan studi kasus terjadi gangguan arus hubung singkat satu fasa di zona proteksi relay differensial.

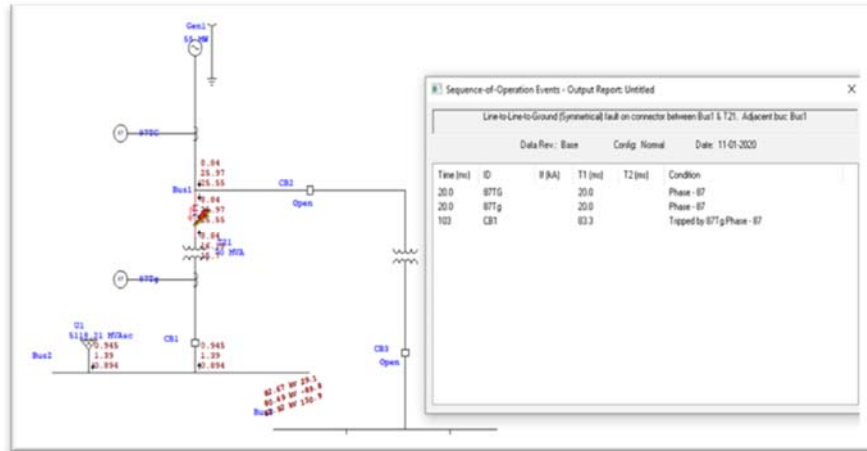


Gambar 8. Simulasi Gangguan Arus Hubung Singkat Satu Fasa

Pada studi kasus arus hubung singkat satu fasa dengan ground didapatkan nilai arus hubung singkat (I_f) = 20,96kA. Dengan demikian arus pada sisi sekunder CT1 akan menjadi besar dan arus pada CT2 akan mendekati nol. Dengan menggunakan persamaan (7) didapatkan nilai arus sisi sekunder di CT1 sebesar 26,2A dan dengan menggunakan persamaan (8) untuk mendapatkan nilai arus *differensial* (I_d) = $I_1 - I_2$ maka nilai arus *differensial* yang didapat adalah 26,2A. Nilai arus *differensial* tersebut sudah cukup untuk membuat relay bekerja.

3.4.3. Simulasi Arus Hubung Singkat Dua Fasa – Ground

Gambar 9 dibawah ini menunjukkan hasil simulasi arus hubung singkat dua fasa - ground dengan studi kasus terjadi gangguan arus hubung singkat dua fasa - ground di zona proteksi relay differensial.

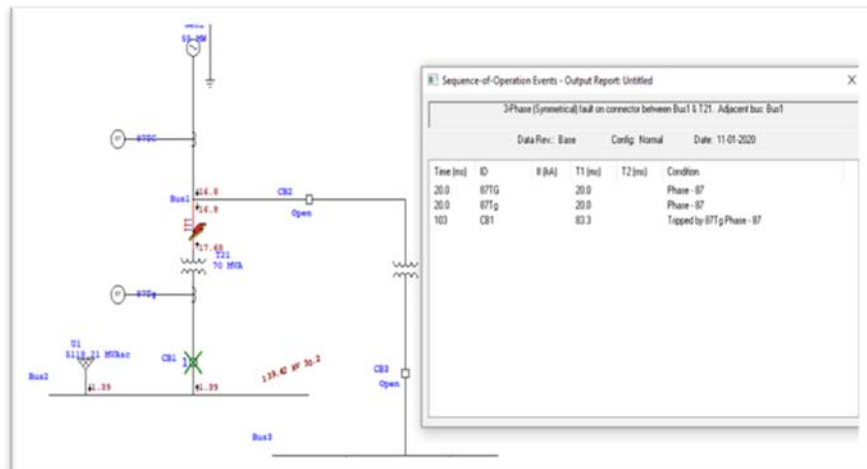


Gambar 9. Simulasi Gangguan Arus Hubung Singkat Dua Fasa – Ground

Pada studi kasus arus hubung singkat dua fasa – ground didapatkan nilai arus hubung singkat (I_f) = 34,39kA. Dengan demikian arus pada sisi sekunder CT1 akan menjadi besar dan arus pada CT2 akan mendekati nol. Dengan menggunakan persamaan (7) didapatkan nilai arus sisi sekunder di CT1 sebesar 42,98A dan dengan menggunakan persamaan (8) untuk mendapatkan nilai arus differensial (I_d) = $I_1 - I_2$ maka nilai arus differensial yang didapat adalah 42,98A. Nilai arus differensial tersebut sudah cukup untuk membuat relay bekerja.

3.4.4. Simulasi Arus Hubung Singkat Tiga Fasa

Gambar 10 dibawah ini menunjukkan hasil simulasi arus hubung singkat tiga fasa dengan studi kasus terjadi gangguan arus hubung singkat tiga fasa di zona proteksi relay differensial.



Gambar 10. Simulasi Gangguan Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Didalam Zona Proteksi

Pada studi kasus arus hubung singkat tiga fasa didapatkan nilai arus hubung singkat (I_f) = 34,49kA. Dengan demikian arus pada sisi sekunder CT1 akan menjadi besar dan arus pada CT2 akan mendekati nol. Dengan menggunakan persamaan (7) didapatkan nilai arus sisi sekunder di CT1 sebesar 43,12A dan dengan menggunakan persamaan (8) untuk

mendapatkan nilai arus *differensial* (I_d) = $I_1 - I_2$ maka nilai arus *differensial* yang didapat adalah 43,12A. Nilai arus *differensial* tersebut sudah cukup untuk membuat relay bekerja.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan simulasi tentang studi perhitungan rele *differensial* diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan terdapat beberapa perbedaan dengan setting yang dilakukan oleh PT. Indonesia Power Kamojang POMU. Salah satunya perbedaan nilai Slope dimana PT. Indonesia Power Kamojang POMU melakukan setting Slope sebesar 30%, sedangkan hasil perhitungan matematis di dapat nilai Slope 23,9%.
2. Walaupun terdapat beberapa perbedaan dengan hasil perhitungan, setting yang dilakukan oleh PT. Indonesia Power Kamojang POMU sudah tepat karena waktu rele bekerja masih di bawah 50ms.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Indonesia Power Kamojang POMU yang telah mendukung penelitian ini terutama dari segi memfasilitasi penulis untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Fitriyani, M. O. (2015). Evaluasi Setting Relay Proteksi Generator dan Trafo Generator PLTGU Tambak Lorok Blok 1. *Transient*, 810-815.
- IEEE Standard. (2001). *IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System*. New York, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Pamungkas, A. C. (2015). Analisis Koordinasi dan Setting Rele Proteksi Generator dan Trafo Step Up di PLTU Jati B Unit 1. *Transient*, 1053-1063.
- PT. Indonesia Power UBP Kamojang. (1980). *Design Manuals (VOL. TD02) Kamojang Geothermal Power Station REV. 2*. Garut, Indonesia: PT. Indonesia Power UBP Kamojang.
- PT. Indonesia Power UBP Kamojang. (1980). *Maintenance Manuals (VOL. TM 31) Kamojang Geothermal Power Station Units 2 & 3*. Garut: PT. Indonesia Power UBP Kamojang.
- Santosa, B. (2015). Koordinasi Rele *differensial* 87GT dan Rele Arus Lebih 51/27 di Generator-Transformator Terhadap Gangguan Hubung Singkat Unit 3 PLTP Gunung Salak. *Jurnal Sutet*, 37-43.
- Saputro, T. D. (2015). Evaluasi Setting Relay Proteksi Generator pada Plan PT. Petrochina International Jabung LTD. Betara Complex Development Project Menggunakan Simulasi ETAP 12.6.0. *Transient, Vol. 4, No.4*, 1101-1109.
- Sidik, A. (2018). *Analisa Kerja Rele Differensial pada Trafo 60MVA di Gardu Induk Wonosari 150kV*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wahyudin, S. (2017). Analisa Proteksi *differensial* pada Generator di PLTU Suralaya. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 84-92.
- Yuniarto. (2015). Setting Relay *differensial* pada Gardu Induk Kaliwungu Guna Menghindari Kegagalan Proteksi. *Transmisi, 17 (3)*, 147-152.