

STUDI KINERJA SISTEM PROTEKSI GENERATOR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL TAPAK TUAN

Fahrizal¹, Subhan², T.Hasanuddin³

^{1,2,3}) Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: fahrizalayi43@gmail.com, subhan@pnl.ac.id, tekuhasanuddin @pnl.ac.id

Abstrak —Salah satu pusat pembangkit PLTD, yaitu terdapat di Kabupaten Aceh Selatan yang menggunakan diesel sebagai penggerak. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat dan industri di Kabupaten Aceh Selatan. Agar kontinuitas dari supply tenaga listrik yang dihasilkan tetap berjalan dengan baik, maka generator sebagai salah satu komponen yang sangat vital harus selalu berfungsi/bekerja dengan baik. Sistem proteksi ini dimaksudkan untuk mengamankan generator dari gangguan yang terjadi. Pada analisa diesel generator ada beberapa parameter yang dihitung untuk mencari jenis gangguan dalam generator, diantaranya adalah. Arus gangguan 3 fasa yang di dapat dari perhitungan sebesar 10334,24 A. Arus gangguan 1 fasa ketanah yang didapat dari perhitungan sebesar 3384,41 A. Penyetelan rela differensial diambil dari nilai arus nominal generator yang tebaca trafo arus sebesar 0,926 A. kemudian dikalikan dengan minimum setting rele sebesar 12%, sehingga hasil perkalian tersebut didapat sebesar 0,11 A. Rele differensial akan bekerja ketika mendeteksi arus yang melebihi arus setting yaitu 0,11 A.

Kata kunci : *Arus Gangguan, 3 Phasa, Diesel Generator, Rele Deferensial.*

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan industri di-Indonesia yang semakin berkembang dan kebutuhan akan energi listrik yang berkualitas di masyarakat maka sangat diperlukan pengembangan sumber energi listrik. Kondisi tersebut sudah menjadi kewajiban bagi PT PLN (Persero) sebagai salah satu BUMN yang dipercaya pemerintah dalam mengembangkan sektor penyediaan energi listrik.

Salah satu pusat pembangkit ini, yaitu terdapat di Kabupaten Aceh Selatan yang menggunakan diesel sebagai penggerak. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat dan industri di Kabupaten Aceh Selatan.

Agar kontinuitas dari supply tenaga listrik yang dihasilkan tetap berjalan dengan baik, maka generator sebagai salah satu komponen yang sangat vital harus selalu berfungsi/ bekerja dengan baik. Sistem proteksi ini dimaksudkan untuk mengamankan generator dari gangguan yang terjadi. Salah satu peralatan yang berperan dalam sistem proteksi adalah rele proteksi differensial yang digunakan untuk melindungi generator. Rele ini melindungi generator dari gangguan-gangguan internal seperti hubung singkat antar fasa, hubung singkat dari fasa ke tanah, maupun hubung singkat antar belitan. Rele ini bekerja berdasarkan setting arus dan waktu operasi yang sudah ditentukan sehingga bisa bekerja dengan cepat dan tepat sasaran. Selain itu, rele ini dilengkapi dengan penahan gangguan eksternal dan harmonisa agar terhindar dari salah kerja.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini akan membahas tentang “Studi Kinerja Sistem Proteksi generator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Tapak Tuan” yang dilakukan untuk mengetahui Arus gangguan diesel generator pada saat trip, serta untuk mengetahui settingan rele diferensial pada generator dalam memproteksi gangguan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Generator

Generator sering juga disebut sebagai pembangkit atau suatu sarana yang berfungsi untuk membangkitkan arus listrik. Jenis generator ada 2 macam yaitu generator arus searah dan generator arus bolak balik. Pada prinsipnya antara generator arus searah dengan generator arus bolak-balik tidak jauh berbeda tetapi memiliki konstruksi yang tidak sama. Untuk generator arus searah kumparan jangkar dihubungkan dengan sebuah komutator sedangkan untuk generator arus bolak balik kumparan jangkar dihubungkan dengan dua cincin geser.

Jika dibandingkan dengan generator DC, generator AC lebih cocok untuk pembangkitan tenaga listrik yang berkapasitas besar. Umumnya generator arus bolak-balik, yang kadang-kadang disebut generator sinkron atau alternator, memberikan hubungan penting dalam proses yang lama dari perubahan energi dalam batu bara, minyak, gas, atau uranium ke dalam bentuk yang bermanfaat untuk digunakan dalam industri dan rumah tangga.



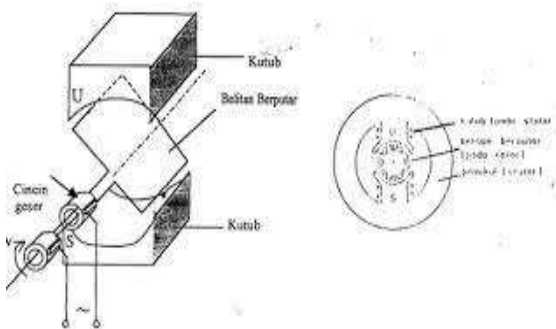
Gbr 1. Generator mesin diesel

B. Prinsip Kerja Generator Sinkron

Prinsip kerja generator sinkron berdasarkan induksi elektromagnetik. Setelah diputar oleh penggerak mula, dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub diberi arus searah, maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet (garis-garis gaya fluks) yang berputar, kecepatannya sama dengan putaran kutub.

Garis-garis gaya fluks yang berputar tersebut akan memotong kumparan jangkar yang ada di stator sehingga pada kumparan jangkar tersebut timbul GGL atau tegangan induksi.

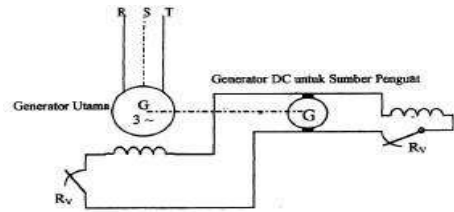
Karena frekuensi dari tegangan induksi di Indonesia sudah tertentu yaitu 50 Hz dan jumlah kutub selalu genap, maka putaran kutub/putaran rotor/putaran penggerak mula sudah tertentu[4].



Gbr 2. Cara Kerja Generator Sinkron

C. Eksitasi Generator AC

Seperti telah diterangkan di muka bahwa untuk terjadinya GGL generator sinkron membutuhkan listrik arus searah untuk memberikan arus pada lilitan magnetnya. Sistem eksitasi konvensional sebelum tahun 1960 terdiri dari sumber arus searah yang dihubungkan ke medan generator ac melalui dua cincin-slip dan sikat-sikat. Sumber DC biasanya generator DC yang digerakkan oleh motor atau generator DC yang digerakkan oleh penggerak mula yang sama yang diberi daya oleh generator AC[2].



Gbr 3. Generator Dengan Penguat Generator Shunt

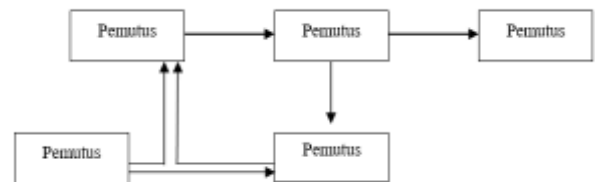
D. Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya.

E. Tujuan Proteksi

Pada saluran kelistrikan untuk mengisolir bagian yang terkena gangguan digunakan rele proteksi yang masing-masing mempunyai daerah pengamanan tersendiri. Sistem ini lebih dikenal sebagai sistem perlindungan.

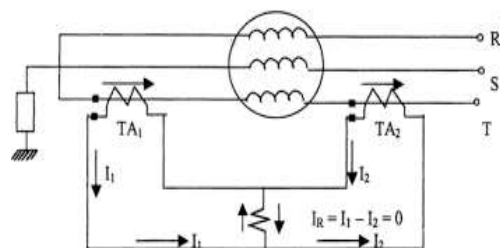
Tujuan dari proteksi adalah mengamankan peralatan dari keadaan abnormal sedini mungkin sehingga gangguan tersebut tidak sempat mengakibatkan kerusakan pada peralatan yang semakin besar. Selain itu juga kita ketahui bahwa nilai investasi peralatan listrik sangat besar, sehingga diperlukan sistem proteksi yang menjamin peralatan listrik dalam keadaan aman dari gangguan dan kerusakan yang fatal. Dibawah ini adalah diagram blok diagram sistem proteksi.



Gbr 4. Diagram Blok Rele Sistem Proteksi

F. Rele Diferensial

Rele diferensial merupakan pengamanan utama pada generator maupun trafo untuk gangguan hubung singkat antara fasa dan fasa untuk generator dengan pentanahan langsung. Prinsip kerja proteksi berdasarkan pada prinsip keseimbangan yaitu membandingkan arus-arus sekunder dan primer yang terpasang pada terminal peralatan yang diproteksi

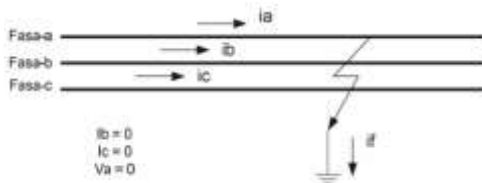


Gbr 5. Skema Dasar Proteksi Rele Diferensial

G. Prinsip Kerja Rele Diferensial

Prinsip kerja proteksi differensial adalah membandingkan dua besaran arus dan fasa antara dua titik pada batasanbatas daerah pengaman. Jadi dalam hal ini digunakan arus sebagai besaran ukurnya, jika pada peralatan yang diamankan tidak terjadi gangguan atau gangguan tersebut brada diluar daerah yang diamankan maka nilai arus dan fasa mengalir pada trafo arus CT 1 dan CT 2 adalah sama atau mempunyai perbandingan nilai arus serta persesaran sudut fasa tertentu, sehingga relai tidak akan bekerja.

Tetapi jika terjadi gangguan pada peralatan yang diamankan, maka akan terjadi perbedaan arus atau perbandingan arus berubah serta perubahan sudut fasa yang akan menyebabkan relai differensial akan bekerja. Adapun cara membandingkan I1 dan I2 yaitu dengan membandingkan besarnya nilai dan sudut fasa pada arus sekunder. Batas-batas pengaman proteksi differensial dibatasi oleh trafo arus CT 1 dan CT 2[3].



Gbr 6. Prinsip Kerja Rele Diferensial

B. Teknik Pengolahan Data

Setelah pengumpulan data dilakukan di PLTD Tapak Tuan selanjutnya pengolahan data yang telah didapat sebagai berikut :

1. Penyiapan data yang telah diambil.
2. Penyiapan data yang telah diambil.
3. Menganalisa data

C. Data Diesel Generator (PLTD) Tapak Tuan

Berikut merupakan data spesifikasi generator yang digunakan pada PLTD Tapak Tuan dapat dilihat pada gambar 8.

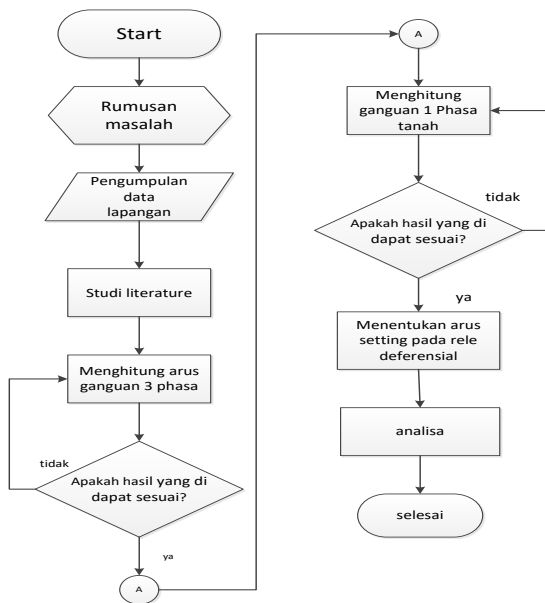


Gbr 8. Generator (PLTD) Tapak Tuan

III. METODOLOGI

A. Diagram Alir Penelitian

Untuk melakukan perancangan penelitian ini, maka dapat dibantu dengan diagram alir untuk menentukan langkah yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian. Diagram alir penelitian sebagai berikut:



Gbr 7. Flowchat Penelitian

Tabel I

Spesifikasi Diesel Generator PLTD Tapak Tuan

NO	SPEKIFIKASI	KETERANGAN
1	Merek	Pindad
2	Type	IFC1633-8HC 62-Z
3	Hubungan	Y
4	Tegangan	6300 V
5	Arus	139 A
6	Daya	1520 KVA
7	Power Factor	0,8
8	Putaran	750 RPM
9	Frekuensi	50 Hz

Tabel II

Spesifikasi Mesin Diesel PLTD Tapak Tuan

No	SPEKIFIKASI	KETERANGAN
1	Merek	Swd
2	Type	9 FG – 240
3	Year	1994
4	Daya	1235 kw
5	Putaran	750 m

D. Data Spesifikasi Rele Differensial

1. Merk : SIEMEN
2. Tipe : 7UT51
3. Arus Nominal : 1 A
4. Rasio CT : 150/1 A



Gbr 9. Rele Deferensial

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Arus Gangguan Generator

Permasalahan yang dapat menyebabkan gangguan dalam PLTD sehingga dapat men-tripkan rele yaitu gangguan tiga fasa, gangguan dua fasa, dan gangguan satu fasa ke tanah. Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat tiga fasa, dan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah menggunakan data kapasitas dari generator dan data impedansi dari generator tersebut.

B. Perhitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa

Menghitung impedansi urutan positif generator dan transformator berdasarkan basis 100MVA dengan rumus sebagai berikut[1]:

$$Z_T' = Z_T \times \frac{S_b}{S_g}$$

Keterangan :

- Z_g' = Impedansi urutan positif generator berdasarkan basis (pu)
- Z_T' = Impedansi urutan positif transformator berdasarkan basis (pu)
- Z_T = Impedansi urutan positif transformator (pu)

Perhitungan nilai impedansi urutan positif pada generator dan transformator berdasarkan basis 100 MVA dengan persamaan :

$$Z_g' = j0,02 \times \frac{100 \text{ MVA}}{1,52 \text{ mva}} = 1,315 \text{ pu}$$

$$Z_T' = j 0,04 \times \frac{100 \text{ MVA}}{1,52 \text{ mva}} = 2,631 \text{ pu}$$

Menghitung arus basis 100 MVA dengan rumus sebagai berikut [2] :

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} \times V_g}$$

Keterangan;

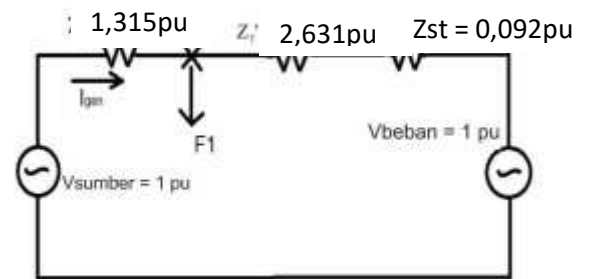
V_g = Tegangan generator (V)

S_b = Daya basis (MVA)

I_b = Arus basis (A)

Perhitungan arus pada basis 100 MVA

$$I_b = \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 6,3 \text{ kV}} = 9165 \text{ A}$$



Gbr. 10. Komponen Urutan Positif

Menghitung impedansi pengganti komponen urutan positif dengan persamaan berikut [1]

$$Z_1 = \frac{Z_g \times (Z_T + Z_{st})}{Z_g \times (Z_T + Z_{st}) + 1}$$

$$= \frac{j 1,315 \text{ pu} \times (2,631 + 0,092)}{j 1,315 \text{ pu} + (2,631 + 0,092)} = \frac{3,581}{4,038}$$

$$= j 0,886 \text{ pu}$$

Menghitung arus hubung singkat 3 fasa pada titik F1 dengan rumus sebagai berikut:

$$I_h = \frac{V_f}{Z_1}$$

Keterangan :

I_h = Arus hubung singkat (A)

V_f = Tegangan dititik gangguan = 1 pu

Z_1 = Impedansi pengganti komponen urutan positif (pu)

Mencari perhitungan arus hubung singkat 3 fasa pada titik F1 .

$$I_h = \frac{1 \text{ pu}}{j 0,886 \text{ pu}} = j 1,128 \text{ pu}$$

Menghitung arus hubung singkat 3 fasa pada arus basis 100 MVA yaitu dengan persamaan:

$$I_{hs} = I_b \times I_h$$

$$I_{hs} = 9165 \times 1,128 = 10344,24 \text{ A}$$

Menghitung arus yang masuk ke sisi sekunder CT yaitu dengan persamaan

$$i_{CT} = I_{hs} \times \text{ratio CT}$$

$$= 10344,24 \times \frac{1}{150} = 68,961 \text{ A}$$

Jadi nilai hasil perhitungan arus hubung singkat 3 fasa pada titik F1 adalah 10344,24 A dan untuk arus hubung singkat 3 fasa pada titik F1 yang masuk ke sisi sekunder CT adalah 68,961 A.

C. Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah

Diketahui : $Z_1 = Z_2 = 0,104 \text{ pu}$

Menghitung impedansi urutan nol generator dan transformator berdasarkan basis 100 MVA yaitu :

$$Z_{g0'} = Z_{g0} \frac{S_b}{S_g}$$

$$Z_{T0'} = Z_{T0} \frac{S_b}{S_g}$$

S_b = Daya basis (MVA)

S_g = Daya generator (MVA)

Mencari perhitungan impedansi urutan nol pada generator dan transformator berdasarkan basis 100 MVA yaitu

$$Z_{T0'} = j0,07 \times \frac{100 \text{ mva}}{1,52 \text{ mva}} = j4,60 \text{ pu}$$

Menghitung impedansi pengganti komponen urutan nol yaitu:

$$Z_0 = \frac{Z_{g0'} \times (Z_{T0'} + Z_{s0})}{Z_{g0'} + Z_{T0'} + Z_{s0}}$$

$$= \frac{j 5,39 \text{ pu} \times (4,60 + 0,092)}{j 5,39 \text{ pu} + (4,60 + 0,092)} = \frac{25,28}{10,08}$$

$$= j 2,50 \text{ pu}$$

Menghitung arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik F1 dengan rumus sebagaiberikut[3]:

$$I_h = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

Keterangan :

I_h = Arus hubung singkat (A)

V_f = Tegangan dititik gangguan = 1 pu

Z_1 = Impedansi urutan positif (pu)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (pu)

Z_0 = Impedansi urutan nol (pu)

Perhitungan arus hubung 1 fasa ke tanah pada titik F1 yaitu

$$I_h = \frac{1 \text{ pu}}{0,104 \text{ pu} + 0,104 \text{ pu} + 2,50 \text{ pu}} = j0,3692 \text{ pu}$$

Menghitung arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik F1 pada arus basis 100 MVA[4] :

$$I_{hs} = 0,3692 \times 9165 = 3384,41 \text{ A}$$

Menghitung arus yang masuk ke sisi sekunder CT yaitu;

$$i_{CT} = 3384,41 \times \frac{1}{150} = 22,56 \text{ A}$$

Jadi nilai hasil perhitungan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik F1 adalah 3384,41 A dan untuk arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik F1 yang masuk ke sisi sekunder CT adalah 22,56 A.

D. Perhitungan Setting Rele

Minimum setting Rele = Kesalahan Generator (%) + Error Mismatch CT1 (%) + Error Mismatch CT2 (%) + Toleransi (%) + Slope (%)

$$= 5\% + 1\% + 1\% + 5\% + 0\% = 12\%$$

Jadi nilai hasil perhitungan minimum setting rele adalah 12 %.

Setting rele differensial diambil dari nilai arus nominal generator yang dibaca trafo arus sebesar 0,926 A kemudian dikalikan dengan minimum setting rele sebesar 12 %. Jadi untuk setting rele differensial yaitu: $I_{df} = 12\% \times 0,926 \text{ A} = 0,11 \text{ A}$.

Hasil *setting rele differensial* adalah 0,11 A, jika arus yang terdeteksi lebih dari arus setting tersebut maka rele differensial akan bekerja.

E. Analisa Perhitungan

Penelitian ini, menghitung arus hubung singkat pada generator yaitu arus hubung singkat 1 fasa ke tanah dan arus hubung singkat 3 fasa. Hasil perhitungan arus hubung singkat 3 fasa senilai 10334,24 A dan arus yang mengalir ke trafo arus senilai 68,961 A. Hasil perhitungan diperoleh arus hubung singkat 1 fasa ke tanah senilai 3384,41 A dan arus yang mengalir ke trafo arus senilai 22,56 A. Maka pada penyetelan rele differensial dipilih arus gangguan terkecil yaitu arus hubung singkat 1 fasa ke tanah yang mengalir ke trafo arus. Perhitungan penyetelan rele differensial diperoleh hasil perhitungan slope adalah 0% dan hasil perhitungan arus differensial adalah 0 A. Nilai 0% dan 0 A disebabkan karena kedua trafo arus (CT) generator memiliki rasio yang sama. Hasil perhitungan minimum setting rele adalah 12%. Jadi penyetelan rele differensial diambil dari nilai arus nominal generator yang terbaca trafo arus sebesar 0,926 A kemudian dikalikan dengan minimum setting rele 12 %, sehingga hasil perkalian tersebut didapat sebesar 0,11 A. Rele differensial bekerja ketika mendeteksi arus yang melebihi arus setting tersebut.

V KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Arus hubung singkat 3 fasa sebesar 10334,24 A dan arus yang mengalir ke sisi sekunder trafo arus sebesar 68,961 A.
2. Arus hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 3384,41 A dan arus yang mengalir ke sisi sekunder trafo arus sebesar 22,56 A.
3. Nilai slope nya adalah 0% dan nilai arus differensial adalah 0 A. Nilai 0 % dan 0 A disebabkan karena kedua trafo arus (CT) generator memiliki rasio yang sama.
4. Perhitungan minimum setting rele differensial di peroleh sebesar 12%..
5. Setting rele differensial diambil dari nilai arus nominal generator yang terbaca trafo arus sebesar 0,926 A kemudian dikalikan dengan minimum setting rele sebesar 12%, sehingga hasil perkalian tersebut didapat sebesar 0,11 A
6. Rele differensial akan bekerja ketika mendeteksi arus yang melebihi arus setting yaitu 0,11A.

REFERENSI.

- [1] LAE, N. Y., & KHAING, C. C. (2019). **Design and Results of Differential Relay Settings for Power Transformers 80MVA, 40MVA and 100MVA.** International Journal Of Scientific Engineering and Technology Research, 32-34.
- [2] Wahyu Ardianto (2020) **Analisa Rele Differensial Pada Generator Di Gas Turbin Generator 1.2 PLTGU Semarang.**,
- [3] Arisandy,(2019),**Analisis Kerja Rele Overall Diferensial di Generator PLTG Paya Pasir.**
- [4] SN, W., Diantari, R. A., & Rahmatullah, T. M. (2017). **Analisa Proteksi Rele Differensial Pada Generator di PLTU Suralaya.** Jurnal Energy & Kelistrikan, 84- 92.