

STUDI PENGGUNAAN RELE DAYA BALIK PADA GENERATOR 18 MW DI PLTMG PT. SUMBERDAYA SEWATAMA SUMBAGUT-2 PEAKER

Aja Susandi¹, Mahalla², Supri Hardi³

^{1,2,3}Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Email: ajasusandi1@gmail.com

Abstrak —Penggunaan relay daya balik pada suatu pembangkit harus sangat di perhatikan dikarenakan jika terjadi daya balik yang dapat merusak generator tersebut, akan mengakibatkan pembangkit tersebut tidak dapat menghasilkan listrik. Gangguan-gangguan yang terjadi pada generator akan menyebabkan daya balik. Akibat yang ditimbulkan oleh daya balik generator akan mengalami kerusakan dan sistem mengalami pemadaman total. Oleh sebab itu dipasanglah rele daya balik untuk mendeteksi aliran daya balik dari sistem ke generator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui setingan rele daya balik serta mengetahui perhitungan rele daya balik pada PLTMG Sumbagut-2 Peaker. Metode yang digunakan adalah perhitungan secara manual dengan mengumpulkan data-data berupa data setingan daya balik dan spesifikasi generator. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat, nilai daya balik pada data memiliki perbedaan dengan yang diperhitungkan ini dikarenakan harus menghitung nilai rasio Current Transformer (CT) dan Potential Transformer (PT) dan lain-lain sehingga hasil dari perhitungan berbeda. Hasil perhitungan yang didapat untuk setingan rele daya balik utama adalah 552,45 kW dengan nilai setting 3% dan setingan rele daya balik *back up* dengan nilai 1.597,53 kVAr pada setingan 14%.

Kata-kata kunci: Generator, Rele Daya Balik, CT, PT, Circuit Breaker

I. PENDAHULUAN

Saat ini negara Indonesia sedang melaksanakan pembangunan di segala bidang. Seiring dengan laju pertumbuhan maka dituntut adanya sarana dan prasarana yang mendukungnya seperti tersedianya tenaga listrik. Saat ini tenaga listrik merupakan kebutuhan utama, baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik. Dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, diperlukan sumber pembangkit menuju ke sasaran dengan mudah, cepat dan efisien.

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) yang terletak di desa Meuriah paloh Lhokseumawe tersebut, yang dibangun dengan Konsorsium PT Wijaya Karya Persero Tbk, TSK Electronica Y Electrucidad. S. A, Spanyol dan PT. Sumberdaya Sewatama. PT. Sumberdaya Sewatama dalam proyek ini bertindak sebagai Operation dan Maintenance. Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) PT. Sumberdaya sewatama ini adalah Perusahaan yang bergerak pada bidang pembangkit listrik sebagai penyuplai listrik bagian Sumatera, yang dapat menghasilkan energi listrik sebesar 250 MW merupakan perusahaan pembangkit listrik tenaga mesin gas (PLTMG) yang menghasilkan kapasitas listrik terbesar di Sumatera menggunakan gas sebagai bahan bakar utamanya. Generator merupakan komponen utama dalam suatu pembangkit listrik. Salah satu dari proteksi generator terdapat proteksi terhadap mesin penggerak mula.

Gangguan yang dapat menyerang penggerak mula yaitu berubahnya fungsi generator menjadi motor (*motoring*). Ketika penggerak mula mengalami

gangguan maka putaran dari suatu generator akan turun menyebabkan frekuensi pada generator juga menurun. Untuk menghindari kerusakan pada generator, terdapat *Protection "Reverse Power Relay"* yang berfungsi mendeteksi aliran daya balik yang masuk pada generator dan apabila nilai daya balik melampaui set point dari pengaman, maka Rele daya balik (*Reverse Power*) akan bekerja dan beberapa saat kemudian memerintahkan *Circuit Breaker* yang *terinterlock* dengan generator untuk membuka.

Adapun kegunaan dan fungsi dari relay daya balik sebagai alat yang bekerja membuka atau memutuskan generator pada saat terjadinya gangguan pada penggerak mulanya. Untuk mencegah generator bekerja sebagai motor, relay harus memproteksi turbin yang digerakkan generator yang telah berfungsi sebagai motor. Penggunaan relay daya balik pada suatu pembangkit harus sangat di perhatikan dikarenakan jika terjadi daya balik yang dapat merusak generator tersebut, akan mengakibatkan pembangkit tersebut tidak dapat menghasilkan listrik. Sehingga setingan rele daya balik pada suatu pembangkit harus diperhatikan keandalannya dan sensitifitasnya agar sinyal yang diberikan pada *Circuit Breaker* akan menginterlock generator dengan waktu yang tepat sehingga generator tidak akan mengalami kerusakan.

Pada PLTMG PT. Sumberdaya Sewatama terdapat 13 *engine* untuk menghasilkan listrik. Oleh karena itu dibutuhkan relay daya balik yang handal dan aman agar peralatan yang terdapat pada pembangkit terlindungi dan dapat meminimalisir kerusakan yang terjadi diakibatkan oleh daya balik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG)

Pembangkit listrik tenaga mesin gas atau disingkat PLTMG merupakan salah satu pembangkit listrik yang dimana gas adalah penggerak awal (*primemover*) untuk membangkitkan tenaga listrik. Mengkonversi gas dengan memakai *engine* adalah sistem untuk membangkitkan tenaga listrik ini, yaitu dengan cara memanfaatkan gas sebagai penggerak *engine* nya yang kemudian *engine* tersebut memutar *generator*. Dimana kemudian *generator* tersebut merubah energi mekanik menjadi energi listrik.

B. Generator

Generator adalah mesin pembangkit listrik yang prinsipnya merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Komponen utama pada *generator* yaitu terdiri dari *stator* dan *rotor*. Pada umumnya *stator* terdiri dari penghantar kumparan tempat terbentuknya Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi, sedangkan rotor merupakan kutub magnet. Hukum Faraday dipakai sebagai prinsip dasar generator listrik, dimana misalkan konduktor listrik dilewatkan ke medan magnet maka kemudian akan timbulnya tegangan listrik yang terinduksi di konduktornya tersebut.

Secara umum generator ada dua jenisnya, yaitu generator AC dan generator DC. Generator DC adalah generator yang arus listrik searahnya dibangkitkan memakai komponen utama yaitu komutator, lilitan kawat merupakan sebuah komponen sebagai pembangkit listrik searah (DC). Generator DC hanya cocok sebagai pembangkit dari tenaga listrik yang kecil, karena dibutuhkan generator DC yang sangat besar ukurannya untuk memenuhi kebutuhan listrik yang tegangannya tinggi. Konduktor listrik bergerak yang memotong medan magnet merupakan susunan dari generator AC atau generator arus bolak-balik (biasanya komponen tersebut berupa elektro magnetik). Ujung dari kedua konduktor tersebut terhubung pada beban listrik yang merupakan konsumen listrik generator. Pada saat posisi konduktor vertikal, tegangan yang dihasilkan adalah nol, karena pada posisi tersebut konduktor tidak memotong garis medan magnetnya. Konduktor terus berputar sampai 90° hingga pada posisi horizontal akan menghasilkan tenaga listrik yang maksimum. Konduktor ini terus berputar hingga dihasilkannya arus listrik bolak-balik.

Pada saat posisi konduktor vertikal, tegangan yang dihasilkan adalah nol, karena pada posisi tersebut konduktor tidak memotong garis medan magnetnya. Konduktor terus berputar sampai 90° hingga pada posisi horizontal akan menghasilkan tenaga listrik yang maksimum. Konduktor ini terus berputar hingga dihasilkannya arus listrik bolak-balik.

Konstruksi generator banyak menggunakan medan magnet putar atau biasa disebut dengan generator sinkron. Tujuan dari hal tersebut adalah agar mudah menyambungkan energi listrik keluar dari generator

karena titik terminalnya tersambung pada benda di stator. Generator sinkron atau generator AC (*alternating current*) mempunyai arti yaitu rotor dari generator AC tersebut terdiri atas belitan medan magnet yang *supply* arusnya searah akan menghasilkan medan magnet berputar, dan kecepatannya sama dengan putaran rotornya. Disebut generator sinkron yaitu karena jumlah putarannya sama dengan putaran medan magnetnya pada stator. Rotor pada generator merupakan kumparan yang jika digerakkan di dalam stator akan menghasilkan potongan-potongan medan magnet. Akan tetapi dengan adanya kumparan yang berputar akan terjadinya daya reaktif, dimana daya ini tidak memiliki harga di pasarannya. Daya yang sering kita beli dinamakan daya aktif. Stator merupakan bagian yang diam (statis) dari sebuah generator yaitu gulungan kawat yang menghantarkan listrik dan ditempatkan di alur-alur inti besi. Sedangkan rotor bagian yang berputar (*Rotary*). Rotor berfungsi sebagai pembangkit medan magnet sehingga munculnya tegangan yang akan diinduksi pada stator.

C. Daya

Daya dalam sistem tenaga listrik merupakan jumlah energi listrik yang digunakan dalam suatu usaha, dan daya tersebut merupakan nilai suatu perkalian antara tegangan dengan arus yang mengalir. Berikut ini jenis-jenis daya yang terdapat pada sistem tenaga listrik, antara lain: [2]

a) Daya aktif

Daya aktif adalah daya rata-rata yang sesuai dengan kekuatan sebenarnya ditransmisikan oleh beban. Satuan daya aktif adalah Watt (W). Misalnya energy panas, cahaya, mekanik dan lain-lain. Berikut adalah persamaan sistematis pada daya aktif :

$$P = V_{eff} \times I_{eff} \times \cos\theta \text{ (untuk 1 fasa)} \quad (1)$$

$$P = \sqrt{3} \times V_{eff} \times I_{eff} \times \cos\theta \text{ (untuk 3 fasa)} \quad (2)$$

b) Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan suatu daya rugi-rugi dengan kata lain merupakan suatu yang tidak diinginkan dan semaksimal mungkin dapat dihindari. Daya ini bersumber dari komponen reaktif satuan daya reaktif adalah Var. Berikut persamaan sistematis pada daya reaktif :

$$Q = V_{eff} \times I_{eff} \times \sin\theta \text{ (untuk 1 fasa)} \quad (3)$$

$$Q = \sqrt{3} \times V_{eff} \times I_{eff} \times \sin\theta \text{ (untuk 3 fasa)} \quad (4)$$

c) Daya Semu

Daya semu merupakan suatu daya nyata, dengan kata lain daya semu ini adalah daya yang sebenarnya dihasilkan oleh generator. Daya semu merupakan penjumlahan antara daya aktif dengan daya reaktif. Daya semu ini memiliki persamaan yaitu VA.

Berikut adalah persamaan sistematis pada daya semu/tampak (apparent power):

$$S = V_{eff} \times I_{eff} \tag{5}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \tag{6}$$

D. Defenisi Sistem Proteksi

Proteksi sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi yang dipasang pada peralatan-peralatan listrik suatu sistem tenaga listrik, misalnya generator, transformator, jaringan dan lain-lain, terhadap kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri. Kondisi abnormal itu dapat berupa antara lain : hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih, frekuensi sistem rendah, asinkron dan lain-lain. Manfaat dari system proteksi adalah :

1. Menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan - peralatan akibat gangguan (kondisi abnormal operasi sistem). Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin sedikit pengaruh gangguan kepada kemungkinan kerusakan alat.
2. Cepat melokalisir luas daerah yang mengalami gangguan, menjadi sekecil mungkin.
3. Dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen dan juga mutu listrik yang baik.
4. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik[3].

E. Pengertian Daya Balik

Daya balik adalah efek dari gangguan mekanis yang disebabkan oleh kegagalan kerja penggerak utama (prime mover) pada generator. Dalam kondisi normal generator mensuplai daya ke sistem tenaga listrik namun saat terjadi daya balik, generator menerima suplai tenaga listrik dari sistem sehingga generator akan berubah seperti motor. Untuk mencegah kerusakan akibat gangguan ini maka generator harus dilengkapi dengan rele daya balik yang sensitif [4].

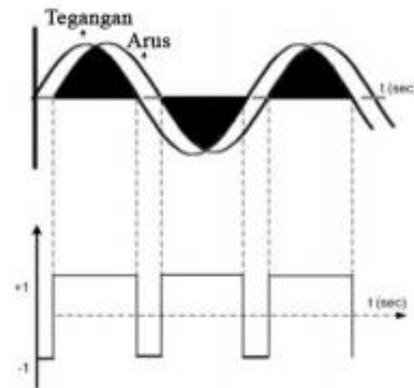
Efek generator berubah menjadi motor terjadi bila daya input mekanik ke porosnya hilang saat terhubung ke sistem tenaga. Dengan asumsi bahwa medan generator tidak terpengaruh, generator akan menjadi motor sinkron yang menggerakkan penggerak utama pada kecepatan sinkron. Bila eksitasi generator tetap bekerja, generator akan bertindak sebagai motor sinkron tanpa terjadi kerusakan. Kerusakan generator bisa terjadi jika eksitasi hilang bersamaan dengan hilangnya kerja penggerak utama. Dengan kondisi ini, generator bisa kehilangan sinkronisasi dan bertindak sebagai motor induksi yang menggerakkan penggerak utama dibawah kecepatan sinkron.

Perbedaan kecepatan antara rotor dan medan magnet stator akan menginduksi arus di rotor. Arus induksi ini adalah frekuensi rendah atau frekuensi slip, namun dapat menyebabkan kerusakan rotor dengan arus induksi frekuensi yang lebih tinggi. Gejala ini bisa terjadi

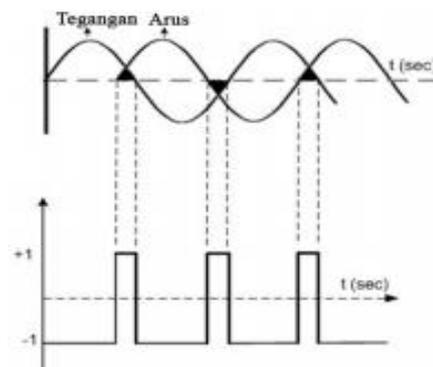
disebabkan kesalahan operator, kegagalan pemutus tenaga saat bekerja atau karena kegagalan mekanis.

F. Rele Daya Balik

Rele daya balik berfungsi untuk mendeteksi aliran daya balik aktif yang masuk pada generator. Berubahnya aliran daya aktif pada arah generator akan membuat generator menjadi seperti motor. Pada Gambar 1, misalkan 'δ' adalah sudut antara arus dan tegangan pada fase A. Saat beban normal nilai sudut adalah $-90 < \delta < 270$ dan saat terjadi gangguan daya balik maka nilai sudut semakin besar antara $+90 < \delta < 270$.



Gambar 1. Kondisi arus dan tegangan pada saat keadaan normal



Gambar 2. Kondisi arus dan tegangan pada saat terjadi daya balik

Pada generator jenis turbin gas besar daya balik diatur sampai 50% dari nilai ratingnya. Mesin diesel tanpa silinder dapat menahan daya balik hingga 25%. Pada jenis turbin air, daya balik yang dapat diatur antara 0,2% sampai 2,0% dari nilai daya terpasang sehingga RPR yang sensitif sangat diperlukan. Untuk jenis turbin uap sekitar 0,5% sampai 3% [5].

Tabel 1
Dampak Daya Balik Terhadap Pembangkit

| Jenis Generator | Daya Balik | Dampak Kerusakan |
|-----------------|-------------|-----------------------|
| Turbin Uap | 0.5 % - 3 % | Panas lebih / Ledakan |
| Mesin Diesel | 5 % - 25 % | Terbakar / Ledakan |
| Turbin Air | 0,2 % - 2 % | Kavitasi |
| Turbin Gas | < 50 % | Kerusakan Gearbox |

Jika relai, trip pada generator dengan daya balik 10%, ini tidak berarti bahwa nilai pengaturan pada daya balik adalah 10%. Nilai harus dihitung berdasarkan rasio transformasi transformator, titik perpindahan harus dihitung. Relay power-reverse RW1 memiliki potensiometer spindle untuk penyesuaian titik switching (dalam %) dan delay switching (dalam detik). Berikut data dan rumus yang dibutuhkan.

P_{GEN} [KW]: Daya aktif generator (kW) dihitung dari kekuatan generator yang sesungguhnya. Dengan rumus sebagai berikut:

$$S_{GEN} \text{ sesuai dengan } P_{GEN} = (S_{GEN} \times \cos \varphi) \quad (7)$$

P_{RW1} [KW]: daya referensi dari RW1 di kw dihitung dari:

- SG [kVA]: Daya generator
- $\cos(\varphi)$: Faktor daya
- I_n : Arus nominal dari waktu tunda
- U_n : Tegangan nominal dari waktu tunda
- n_I : Rasio transformasi CT
- n_U : Rasio transformasi VT

Untuk mencari hasil P_{RW1} [KW] digunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{RW1} [KW] = (\sqrt{3}) \times I_N \times U_N \times n_i \times n_u \quad (8)$$

Jika P_{REV} [%] adalah nilai daya balik yang diinginkan dalam % mengacu pada kekuatan aktif generator, maka nilai yang harus disesuaikan pada relay dihitung sesuai rumus berikut:

$$\text{Hasil (\%)} = \frac{P_{GEN}}{P_{RW1}} \times P_{REV}(\%) \quad (9)$$

G. Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* adalah suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem tenaga listrik, yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi,

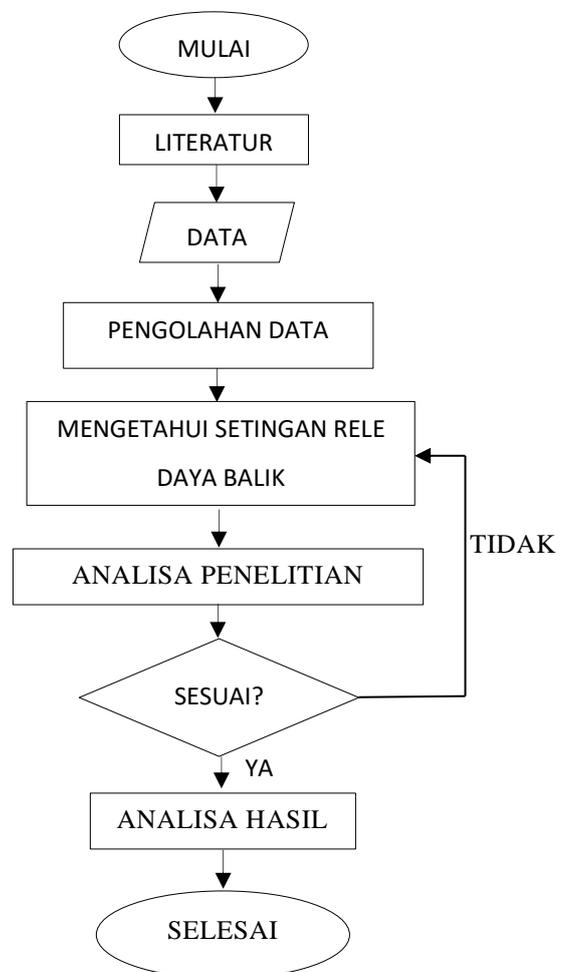
termasuk arus hubung singkat, sesuai dengan ratingnya. Juga pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal.

Pemutus Tenaga (PMT) merupakan suatu alat listrik yang berfungsi untuk melindungi sistem tenaga listrik apabila terjadi kesalahan atau gangguan pada sistem tersebut, terjadinya kesalahan pada sistem akan menimbulkan berbagai efek seperti efek termis, efek magnetis dan dinamis stability.

Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatan lain[6].

III METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan dalam penyelesaian penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

Data penelitian yang diperoleh dari hasil observasi laporan seperti data setingan sistem proteksi rele daya balik, name plate sistem proteksi, dan spesifikasi

generator pembangkit yang diteliti. Pengambilan data penelitian dilakukan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas Sumbagut-2 Peaker 250 MW PT. Sumberdaya Sewatama yang terletak di jalan pintu 1 Arun, Desa Meuriah Paloh, Kec. Muara Satu, Kota Lhokseumawe pada tanggal 28 – 29 April 2021.

Data spesifikasi Generator dan Data sistem proteksi generator dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2
Spesifikasi Generator

| TYPE | |
|-------------------------|-------------------|
| Type designation | AMG 1600SS 12 DSE |
| RATINGS | |
| Output | 21665 KVA |
| Voltage | 11000 V |
| Current | 1137 A |
| Power factor | 0,85 |
| Frequency | 50 Hz |
| Speed | 500 rpm |
| Weight | 58500 kg |
| Protection by enclosure | IP23 |
| Cooling method | IC0A1 |

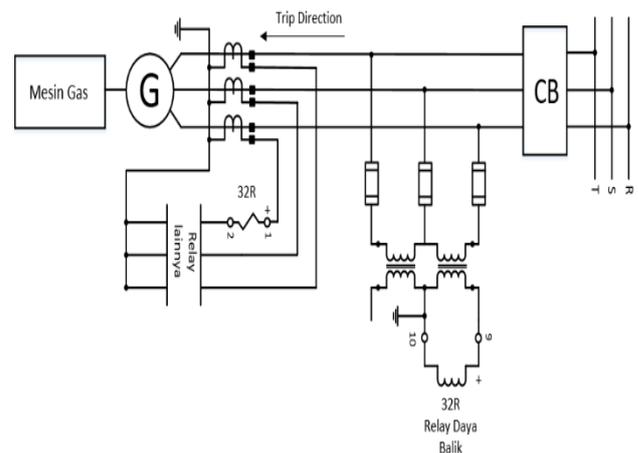
TABEL 3
Data Sistem Proteksi

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Generator Rating (S_n) | 21665 kVA |
| Engine Rating (P_m) | 18810 kW |
| Frequency (f_n) | 50 Hz |
| Primary Voltage (U_n) | 11000 V |
| CCC | 1137 A |
| Power factor | 0.85 |
| Residual Voltage (U_{on}) | 6351 A |
| X_d | 219 % |
| x_d' | 37.5 % |
| Eart Foul Current (I_o) | 5 A |
| Ratio CT | 1250 / 1 A |
| Cable CT | 50 A |
| Ratio VT | 11000 / 110 |

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Mengamankan Gangguan Daya Balik Pada Generator

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) PT. Sumberdaya Sewatama terdapat 13 mesin gas yang masing-masing di kopel oleh generator untuk menghasilkan energi listrik. Bila salah satu pada penggerak mulanya mengalami gangguan atau kerusakan sehingga generator tidak dapat berputar dan tidak dapat menghasilkan energi listrik sehingga ada pasokan listrik dari generator lain atau sistem, hal tersebut dapat mengubah putaran generator menjadi motor. Kejadian ini akan berdampak buruk pada generatornya dan yang paling fatal akan mengakibatkan generator tersebut rusak.



Gbr 4. Rele Daya Balik Pada Sitem Tenaga

Seperti pada Gambar 4, Penggerak mula pada PT. Sumberdaya Sewatama menggunakan mesin gas, jika terjadi masalah pada penggerak mula yang dapat mengakibatkan putaran generator menurun atau bahkan tidak dapat berputar lagi sehingga yang mulanya menghasilkan listrik lalu malah memakai tenaga listrik itu sendiri, jika terus dibiarkan seperti itu maka generator akan mengalami kerusakan. Oleh karena itu respon rele daya balik harus cepat agar memberikan sinyal ke *Circuit Breaker* untuk memnginterlock generator agar tidak mengalami kerusakan.

Jika daya yang masuk lebih yang telah di setting rele daya balik akan bekerja dengan waktu tunda 2 detik untuk trip sebagai langkah mengamankan generator agar tidak mengalami gangguan sebagai langkah mencegahnya generator menjadi motor.

Generator merupakan sumber energi listrik dalam sistem pembangkit sehingga generator harus benar-benar dijaga dan jangan sampai mengalami gangguan ataupun yang paling parah mengalami kerusakan. Sebab karena kerusakan pada generator sifatnya relatif lebih mengganggu dari pada kerusakan bagian pada sistem lainnya. Sehingga di perlukan rele daya balik yang

sensitif untuk melindungi generator dari gangguan daya balik.

B. Setingan Rele Daya Balik pada PT. Sumberdaya Sewatama

Pada PLTMG PT. Sumberdaya sewatama terdapat dua rele daya balik untuk mengamankan Generator agar tidak mengalami kerusakan. Berikut data setting rele daya balik yang terdapat pada PLTMG PT. Sumberdaya Sewatama.

Tabel 4
Data Setingan Rele daya balik

| Reverse Power Stage P< (32) | Pos | Area | Primary Value | Setting Unit |
|-----------------------------|-------------|------------------|---------------|--------------|
| Reverse Power P< | $P < / P_n$ | 1 ... 20,0 % | 752.4 kW | 4 % |
| Operating Time | t< | 0.3 ... 300 s | | 2.00 s |

Pada Sistem proteksi rele daya balik pertama, rele akan bekerja untuk mengamankan generator pada nilai utama yang telah di tentukan pada setingan yaitu senilai 75 2.4 kW dari nilai utama yang telah di setting 4%. Dan dengan waktu tunda 2 detik lalu generator di putuskan melalui circuit breaker agar generator tidak mengalami kerusakan.

Tabel 5
Data setingan rele daya balik (Back up)

| Reverse Power Stage P< (32) | Pos | Area | Primary Value | Setting Unit |
|-----------------------------|-------------|------------------|---------------|--------------|
| Reverse Power P< | $P < / P_n$ | 1 ... 20,0 % | 6500 kVAr | 30 % |
| Operating Time | t< | 0.3 ... 300 s | | 2.00 s |

Sistem proteksi rele daya balik yang kedua ini (Back Up) akan menghentikan daya yang tembus dari sistem proteksi rele daya balik yang pertama tadi jika rele daya balik utama tidak bekerja atau terjadi masalah agar generator tidak mengalami gangguan yang mengubah fungsinya generator menjadi motor. Pada sistem proteksi rele daya balik kedua ini nilai rele *back up* yang di tentukan sebesar 6500 KVAR dengan setingan 30% sehingga daya yang tembus tidak akan membahayakan generator. Waktu tunda yang di setting 2 detik untuk memberikan sinyal kepada *circuit breaker* untuk menginter-lock generator, agar generator tetap aman dan tidak megalami kerusakan.

C. Perhitungan Rele Daya Balik

Dalam perhitungan ini, dapat dilihat pada berapa persen generator akan trip. Jika rele pada PT Sumberdaya Sewatama mengatur rele daya balik pada nilai 4%, ini bukan berarti bahwa nilai pengaturan rele daya balik adalah 4%. Hal ini juga harus memperhitungkan rasio Current Transformer (CT), Potential Transformer (PT) dan lain-lain. Nilai rasio CT yang telah ditentukan dengan perbandingan 1250/1 A dan rasio VT dengan

perbandingan 11000/110 V. Oleh karena itu dapat dibuktikan dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Menghitung Nilai Setingan Utama Rele Daya Balik

Dengan Nilai pengaturan rele daya balik yang telah ditentukan yaitu 4%, daya balik generator yang diizinkan dengan nilai pengaturan RW1 (Reverse Power) kemudian dihitung sebagai berikut :

$$P_{GEN} = S_G \times \cos \phi = 21.665 \times 0,85 = 18.415,25 \text{ kW}$$

$$\text{Arus Nominal } (I_n) = 1 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan Nominal } (U_n) = 110 \text{ V}$$

$$\text{Rasio CT } (n_i) = 1250 \text{ A}$$

$$\text{Rasio VT } (n_U) = 100 \text{ V}$$

2. Untuk mencari hasil P_{RW1} digunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{RW1} = (\sqrt{3}) \times I_N \times U_N \times n_i \times n_U$$

$$= (\sqrt{3}) \times 1 \times 110 \times 1250 \times 100$$

$$= 23.815,69 \text{ kW}$$

3. jika P_{REV} (%) adalah nilai daya balik yang diinginkan dalam % mengacu pada kekuatan aktif generator, maka nilai yang harus disesuaikan pada relay dihitung sesuai rumus berikut:

$$\text{Hasil } (\%) = \frac{P_{GEN}}{P_{RW1}} \times P_{REV} (\%)$$

$$\text{Hasil } (\%) = \frac{18.415,25}{23.815,69} \times 4\%$$

$$= 3 \%$$

$$\text{Daya balik} = 3\% \times P$$

$$\text{Daya balik} = 3\% \times 18.415,25 \text{ kW}$$

$$\text{Daya balik} = 552,45 \text{ kW}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa setelah memperhitungkan ratio Current Transformer (CT), Potential Transformer (PT) dan lain-lain didapat hasil 552,45 kW dengan seting 3%. Jika terjadi gangguan yang menyebabkan generator menerima daya dari sistem tenaga sebesar 552,45 kW, maka rele daya balik akan memberi sinyal ke *circuit breaker* untuk segera mengamankan generator.

b. Menghitung Nilai setingan Back Up Rele Daya Balik

Rele daya balik *back up* PT. Sumberdaya Sewatama menggunakan persentase 30%. Daya balik generator yang diizinkan dengan nilai pengaturan RW1 (Reverse Power) kemudian dihitung sebagai berikut :

$$P_{GEN} = S_G \times \sin \phi = 21.665 \times 0,5267 = 11.410,95 \text{ kW}$$

$$\text{Arus Nominal } (I_n) = 1 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan Nominal } (U_n) = 110 \text{ V}$$

$$\text{Rasio CT } (n_i) = 1250 \text{ A}$$

$$\text{Rasio VT } (n_U) = 100 \text{ V}$$

2. Untuk mencari hasil P_{RW1} digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{RW1} &= (\sqrt{3}) \times I_N \times U_N \times ni \times nu \\ &= (\sqrt{3}) \times 1 \times 110 \times 1250 \times 100 \\ &= 23.815,69 \text{ kW} \end{aligned}$$

3. jika P_{REV} (%) adalah nilai daya balik yang diinginkan dalam % mengacu pada kekuatan aktif generator, maka nilai yang harus disesuaikan pada relay dihitung sesuai rumus berikut:

$$\text{Hasil (\%)} = \frac{P_{GEN}}{P_{RW1}} \times P_{REV}(\%)$$

$$\begin{aligned} \text{Hasil (\%)} &= \frac{11.410,95}{23.815,69} \times 30\% \\ &= 14\% \end{aligned}$$

$$\text{Daya balik} = 14\% \times Q$$

$$\text{Daya balik} = 14\% \times 11.410,95 \text{ kVAr}$$

$$\text{Daya balik} = 1.597,53 \text{ kVAr}$$

Dari perhitungan dapat diketahui bahwa setelah memperhitungkan ratio Current Transformer (CT), Potential Transformer (PT) dan lain-lain didapat hasil 1.597,53 kVAr dengan seting 14%. Jika terjadi gangguan yang menyebabkan generator menerima daya dari sistem tenaga sebesar 1.597,53 kVAr, maka rele daya balik akan memberi sinyal ke *circuit breaker* untuk segera mengamankan generator.

V. KESIMPULAN

1. Pengaman daya balik menggunakan *relai reverse power* untuk menghindari kerusakan pada penggerak mula atau generator sehingga menjadi pemadaman total (*black out*).
2. Seting rele daya balik pada PT.Sumberdaya Sewatama sebesar 752,4 kW pada seting 4% dan setting rele *back up* sebesar 6500 kVAr pada seting 30% dengan waktu tunda 2 detik.
3. Setelah mendapatkan hasil perhitungan nilai setingan rele daya balik, hasil yang di dapat sebesar 552,45 kW pada seting 3% dan seting rele *back up* sebesar 1.597,53 kVAr pada seting 14%.

REFERENSI

- [1] Rayyan, Muhammad. 2020. **Evaluasi Pengendalian Output Generator Menggunakan System Eksitasi Tanpa Sikat di PLTMG Arun**. Institut Teknologi Pln.
- [2] Putri, Amelia Monica. 2020. **Studi Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator 60 MVA di PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW**. Jurnal Teknik Elektro.
- [3] Subianto. 2015. **Analisis Rele Proteksi Reverse Power Pada Generator**. Jurnal Teknik Elektro.
- [4] Devadig, S. K. & Amprameya K. S. 2015. **Motoring Protection Model Implementations and simulation for Generation**. IJREEICE, 3(8), P 83.
- [5] Aman, M. 2012. **Modeling and Simulation of Reverse Power Relay for Generator Protection. IEEE 2012 International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2012)**, Melaka, Malaysia: June 2012.
- [6] Marsudi, Djiteng. 2005. **Pembangkitan Energi Listrik**. Jakarta: Erlangga.