
Perhitungan Penentuan Kerusakan Stator Generator Pada Pt. X

Badaruddin, Rahmad Noviali
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Mercubuana Jakarta
bsulle@gmail.com

Abstrak— PLTU atau Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. X merupakan proyek percepatan energi 10.000 MW Tahap 1, pembangkit dengan bahan bakar batu bara mempunyai kapasitas terpasang 3 x 330 MW, terletak pada desa sumur adem, kecamatan sukra kabupaten PT. X, Jawa Barat. Unit yang sudah beroperasi setelah FYI (First Year Inspection) pada tahun 2011 hingga sekarang. PLTU PT. X telah mengalami beberapa kegagalan peralatan dalam beroperasi, namun yang terbesar adalah peralatan utama yaitu Generator pada Main Turbine Generator. Salah satu permasalahan yang terjadi pada Generator adalah kerusakan stator winding, kerusakan stator winding terjadi akibat overheating, sehingga generator proteksi bekerja dengan sinyal generator earth fault (64S). Temperature stator winding mempunyai batas nilai sebesar $\leq 65^{\circ}\text{C}$, gagalnya sistem pendinginan di stator winding bisa terjadi dengan adanya penumpukan material asing atau fouling pada line cooling stator winding. Data tersebut didapatkan dengan studi analisis kerusakan serta melakukan pengujian peralatan pada stator winding, dengan dilakukan Visual cek, HV Test Assesment, dan Flow rate pada line stator cooling generator. Hasil dari analisa ini ialah Life Cycle Cost dalam retrofit stator winding generator.

Kata Kunci— Stator Winding, Over Heating, Studi Analisis

I. PENDAHULUAN

Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa Listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah), tergantung desain yang diinginkan. Dalam desain operasinya, generator tidak terlepas dari berbagai gangguan sistem, salah satu gangguan yang terjadi pada generator PLTU PT. X pada tanggal 23 Februari 2016 adalah Stator Winding. Kerusakan pada stator winding bisa dikatakan jarang sekali terjadi dalam generator sampai crack atau fatigue material, karena stator adalah elemen diam yang tidak berputar seperti halnya Rotor. Frekuensi stator fault atau crack bisa terjadi hanya 20% saja yang mengalaminya.

Setiap isolasi mempunyai ambient temperature dan berbeda-beda, temperature berkaitan sekali dengan cooling, coolingpun sangat bergantung pada media pendinginannya, media pendingin pada stator winding adalah air demin (air demineralisasi), jumlah dan kecepatan distribusi stator cooling yang tidak optimal sangat mempengaruhi kenaikan temperatur stator winding.

Tujuan penelitian Penelitian ini adalah untuk mengurangi kegagalan peralatan kembali pada Stator Winding Generator yang berakibat kerusakan isolasi karena Over Heating, dengan cara dilakukan perbaikan dan improvement pada water cooling system guna mengembalikan dan menjaga kehandalan serta efisiensi pada unit pembangkit

Berdasarkan latar belakang dan data diatas, maka dalam Penelitian ini akan dibahas penyebab utama pada kerusakan Stator Winding Generator serta perhitungan ketahanan isolasi Stator Winding Generator.

II. LANDASAN TEORI

A. Generator

Generator merupakan mesin yang mengubah energi kinetik menjadi energi listrik, Tenaga kinetik bisa berasal dari panas, air, uap, dll, Prinsip kerja generator tersebut adalah memanfaatkan adanya perubahan fluks magnetik ($\Delta\Phi B$) sebagaimana yang dikemukakan oleh hukum induksi Faraday

Generator yang digunakan pada PLTU PT. X adalah generator AC 3 Phasa, dan mempunyai penguat medan magnet berupa Exiter (Sistem Eksitasi).

Sistem eksitasi adalah sistem pasokan listrik DC sebagai penguatan pada generator listrik atau sebagai pembangkit medan magnet, sehingga suatu generator dapat menghasilkan energi listrik dengan besar tegangan keluaran generator bergantung pada besarnya arus eksitasinya

Bagian-bagian generator

- Stator

Stator adalah bagian yang diam. Memiliki alur-alur sebagai tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator berfungsi sebagai tempat GGL (Gaya Gerak Listrik) induksi. Dan winding generator adalah tempat belitan dalam membangkitkan energi listrik



Gambar 1. Winding Generator

• Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar, pada bagian ini terdapat kutub- kutub magnet dengan lilitannya yang dialiri arus searah, melewati cincin geser dan sikat-sikat

Rumus nilai isolasi generator di setiap phasa

$$R = \frac{(1000 \cdot U)}{Q} \cdot U \cdot 2,5$$

Dimana :

R = Tahanan isolasi minimal.

U = Tegangan kerja.

Q = Tegangan Megger.

1000 = Bilangan tetap.

2,5 = Faktor Keamanan (apabila baru).

4. Sistem pendingin generator

Pendingin merupakan sistem utama pada mesin yang berputar, parameter sistem pendingin di PLTU untuk Generator, Sistem pendinginan generator menggunakan gas hidrogen (H2) sebagai medium jauh lebih efektif dibandingkan mendinginkan generator menggunakan udara, Untuk menyerap dan membuang panas (disipasi) yang timbul didalam alternator yang sedang beroperasi dapat menggunakan media pendingin

Tabel 1. Parameter Pendingin Sistem Generator

| Nama Sistem | Poin | Unit | Keterangan |
|------------------------|------|-------------------|---------------------------------------|
| Hidrogen | 36 | m ³ /s | Range Aliran |
| | 2430 | kW | Loses yang diijinkan |
| | 0,3 | Mpa | Range Tekanan |
| | 4 | Group | Coolers Slot |
| Deionized water | 60 | m ³ /h | Total Range Aliran (Winding) |
| | 9 | m ³ /h | Aliran yang diijinkan koneksi coolers |
| | 1135 | kW | Loses yang diijinkan |

| | | | |
|------------------|-----|-------------------|---------------------------------|
| | 2 | pieces | Coolers Slot |
| Raw water | 38 | °C | Range temperature |
| | 325 | m ³ /h | Hydrogen untuk coolers |
| | 120 | m ³ /h | Laju aliran untuk water coolers |

Untuk stator winding, media yang di pakai adalah air demineralisasi, prosesnya menggunakan peralatan sistem “Stator Cooling Generator System” stator cooling generator berfungsi untuk memompakan aliran fluida water menuju box cooler generator untuk memindahkan menukar panas didalam stator winding, menuju panas keluar dari stator winding

Air yang keluar dari stator winding didinginkan kembali oleh Heat Exchanger, HE adalah salah satu bagian sistem pendingin close loop dari stator cooling generator. Heat exchanger sangat tergantung dari kecepatan flow dan banyaknya plate pada Heat exchanger, semakin banyak plate dan kecepatan maka semakin cepat juga perpindahan panas yang di tukarkan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Investigasi Masalah

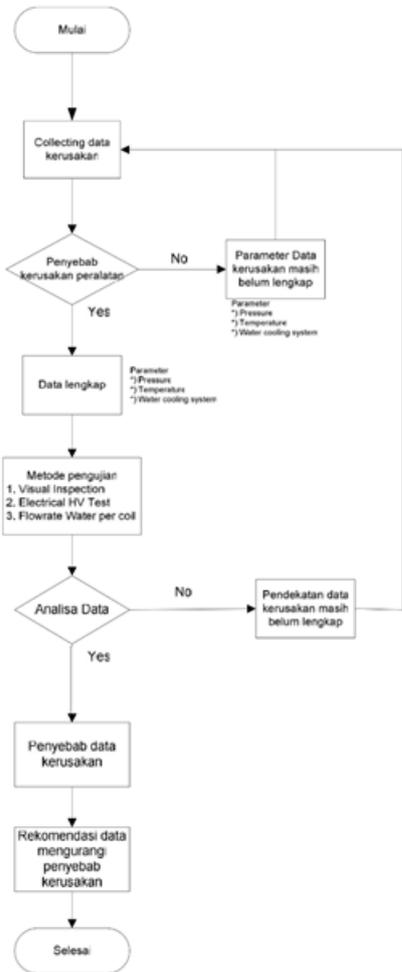
Pada tanggal 23 Februari 2016, Jam 23.30 WIB Saat Operasi Normal dengan beban Full load 330 MW, tanpa ada indikasi apapun generator menjadi trip dan muncul alarm trip Relay Stator Earth Fault (64 S) pada panel proteksi generator A&B, Sehingga Generator Lepas sinkron dari jaring-jaring listrik. Dampak yang terjadi jika cooling mengalami gangguan, maka over heating pasti terjadi, secara cepat menyebabkan peralatan tersebut fail atau trip, batasan suhu temperature yang diizinkan adalah <65°C pada stator winding generator

Tabel 2. Stator winding cooling

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Stator core | ≤ 100 ° C |
| Coper shield | ≤ 115 ° C |
| Between stator winding | ≤ 90 ° C |
| Outlet water of stator winding | ≤ 65 ° C |
| Outlet water of stator Lead | ≤ 65 ° C |
| Cold hydrogen | ≤ 46 ° C |
| Hot hydrogen | ≤ 67 ° C |

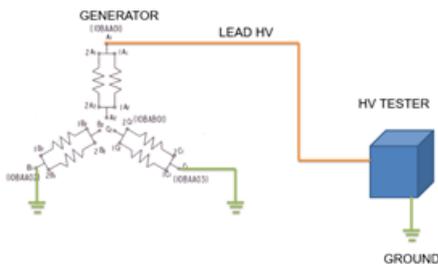
B. Flow Chart

Dilakukan alur penelitian dalam bentuk flowchart



Gambar 2. Flow Chart

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. HV Test Electrical

Prosedur pengujian isolasi generator HV test ini dilakukan dengan menginjeksikan tegangan DC sebesar 50 KV untuk coil yang lama (Standart Cina Only) Ke Coil yang di uji selama 1 menit

Menurut Standart IEEE Pengujian HV Test yang di iijinkan Pada Winding Generator untuk tegangan AC (2xVnominal+1KV), dan untuk tegangan DC (1.7x 1.5 x V nominal)

Bahwa dari data diatas terdapat kegagalan isolasi pada phasa S, setelah dinject arus Pi 2500 V, hasil tahannya phas S adalah PI 0,98 dan R 30.6 KΩ, dibawah standar (52 KΩ)

$$R = \frac{1000 \times 240}{2500} \times 240 \times 2,5 = 57 \text{ K}\Omega$$

Hasil diatas dilakukan dengan perhitungan manual, standar minimal isolasi generator untuk tegangan kerja 240 V, memiliki minimal isolasi sebesar 57 KΩ

Terjadi kegagalan isolasi di phasa S, yang menyebabkan relai proteksi bekerja dengan status “ Stator Earth Fault” maka cara yang dilakukan untuk memperbaiki isolasi yang sudah rusak, dilakukan metode Retrofit, dengan menghitung Biaya penggantian, Investasi serta Life Cycle Cost.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data “Studi Analisis Kerusakan Stator Winding Generator Unit#1 Pada PT. X” bahwa dapat disimpulkan:

1. Kegagalan isolasi stator winding nilai hasil tahannya phasa S adalah PI 0,98 dan R 30.6 KΩ, dibawah standar (57 KΩ) yang menyebabkan resin generator meleleh akibat tegangan kerja generator dibawah sistem 240 V (isolasi resistansi) yang berdampak kenaikan temperature pada winding generator menjadi panas berlebih.

2. Dilakukan retrofit dengan melakukan kajian finansial dengan metode Life Cycle Cost dari beberapa vendor yang diundang, OEM dan NON OEM, sehingga mempunyai 3 Alternatif, Penggantian OEM, Penggantian NON OEM dan Penggantian Gabungan OEM dan NON OEM, alternatif yang diambil adalah Penggantian Gabungan OEM dan NON OEM karena nilai Efectiveness (EFF) 21,168 %

3. Studi analisis ini sangat membantu untuk mendapatkan pendekatan masalah, dan bisa menjadi studi kasus jika ada unit lain yang mengalami kerusakan peralatan seperti PLTU PT. X

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim editorial Jurnal Teknologi Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hussum, E. M. (2008). Design of a Lab Setup for testing Stator Windings. Oslo: Norwegian University of Science and Technology.
- [2] D. A. Asfani, A. K. Muhammad, Syafaruddin, M. H. Purnomo and T. Hiyama, "Temporary Short Circuit Detection in Induction Motor Winding Using Combination of Wavelet Transform and Neural Network," *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, No. 5, 2012, pp. 5367-5375.
- [3] Yudi Rochendi, Sigit Kusumuwan A, 2016, "RCFA Kegagalan Peralatan Stator Winding Generator PLTU PT. X", PT. X : PLTU PT. X
- [4] Supriyadi, Dedi Tricahyono, 2016, "FDT Hasil Investigasi Dan Recovery Winding Stator Generator PLTU Pelabuhan Ratu", Labuan : PT.PJB PELABUHAN RATU
- [5] Stator and Rotor Fault Conditions in Induction Machines for Testing Fault Diagnostic Techniques," *European Transactions on Electrical Power*, Vol. 20, No. 5, 2010, pp. 611-629.
- [6] Holman, J.P. 1988. Perpindahan Kalor. Terjemahan E Jasfi. Jakarta. Erlangga.
- [7] Wildi, Theodore,. *Electrical Machines, Drives, and Power Systems*, Fifth Edition, New Jersey : Pearson Education, Inc., 2002.
- [8] Kern, Donald. Q.,1965, "Process Heat Transfer", New York : Mc Graw-Hi Book Company.
- [9] Hamoud, F, Lamine, D.M, Cheriti. A.2016. Performance Study of a Self-Excitation Dual Stator Winding Induction Generator for Renewable Distributed Generation Systems. Canada. Hal 197-215.
- [10] Tutelea, Deaconu, Popa.2014. Dual stator winding variable speed asynchronous generator: optimal design and experiments. Vol.10. 1-9.
- [11] Tae-Sik Kong, Hee-Dong Kim, Tae-Sung Park, Kyeong-Yeol Kim, Ho-Yol Kim.2015. Analysis of Partial Discharge Patterns for Generator Stator Windings. Vol 2. 17-22.
- [12] Hee-Dong Kim, Tae-Sik Kong, Young-Ho Ju and Byong-Han Kim. 2011. Analysis of Insulation Quality in Large Generator Stator Windings. Vol.6. 384-390.