

Analisa Gangguan Inlet Guide Vane Pada Gas Turbine Generator Tambak Lorok Menggunakan Metode Root Cause Failure Analysis

Prayudi

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : prayudi@sttpln.ac.id

Arie Wicaksono

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Abstrak

IGV (Inlet Guide Vanes) is a component of the main supporters of a GTG (Gas Turbine Generator), IGV serves as a regulator of the flow rate of air entering the compressor when heading to the GTG start up and during operation. In operation there is the possibility of interference with the IGV that can make the performance of GTG decreased or even the most fatal trip can download the GTG. Problematic sources of interference from an IGV can come from various sources. To determine what resources are causing problematic function of IGV required an analysis method that is able to parse problems / disorders that actually happened. The method used is RCFA (Root Cause Failure Analysis), RCFA an analysis method that is able to break down the root cause of the occurrence of a problem / nuisance. By using the method RCFA expected problems can be resolved with due diligence and it is possible to not reappear at a later time.

Keywords: IGV (Inlet Guide Vane), RCFA (Root Cause Failure Analysis)

1. PENDAHULUAN

IGV merupakan peralatan utama GTG yang terletak pada *inlet casing compressor*, IGV berfungsi sebagai pengatur laju aliran udara yang masuk ke dalam compressor guna keperluan udara pembakaran. Gangguan yang terjadi pada IGV dapat menyebabkan penurunan kinerja dari GTG bahkan dapat membuat GTG Trip, karena dengan terganggunya *Inlet Guide Vane* akan menyebabkan terhentinya pasokan udara ke dalam ruang pembakaran, oleh karena itu system akan menghentikan proses pembakaran dengan menyatop aliran bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar dan mengetriapkan GTG. Aliran bahan bakar harus dihentikan karena hilangnya pasokan udara pembakaran sehingga tanpa adanya pasokan udara, proses pembakaran tidak akan terjadi, hal ini harus dilakukan untuk menghindari berakumulasinya bahan bakar di dalam ruang bakar yang dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya ledakan saat pembakaran kembali terjadi, untuk itu system proteksi akan otomatis mengetriapkan GTG bila terjadi gangguan pada system *Inlet Guide Vane*.

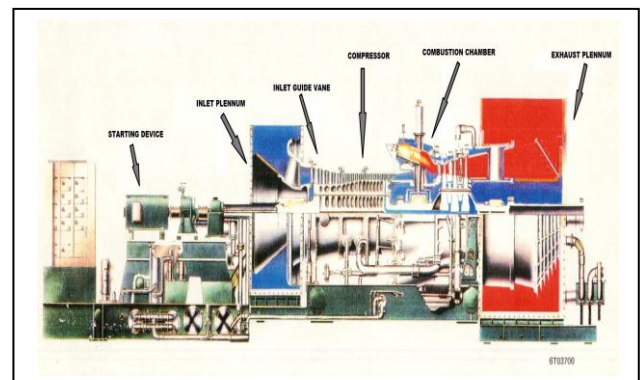
Menurut data operasional GTG pada tahun 2014 terjadi gangguan IGV sebanyak empat kali dan berakibat mengetriapkan GTG. Gangguan pada IGV juga bisa berasal dari berbagai sumber, untuk itu diperlukan suatu acuan yang dapat dipakai untuk menganalisa gangguan yang terjadi dan akar penyebab dari gangguan tersebut, agar apabila gangguan tersebut terjadi lagi dapat segera teratasi

dan bahkan bisa dibuat langkah-langkah antisipasi agar gangguan tersebut tidak terulang lagi. Suatu system yang dapat digunakan untuk memecahkan suatu masalah atau gangguan yang terjadi salah satunya adalah RCFA atau *Root Cause Failure Analysis*. Dengan memakai system ini diharapkan dapat diurutkan akar dari permasalahan/gangguan yang terjadi pada IGV dan tindakan-tindakan yang dilakukan untuk menanggulangi masalah tersebut.

2. KAJIAN LITERATUR

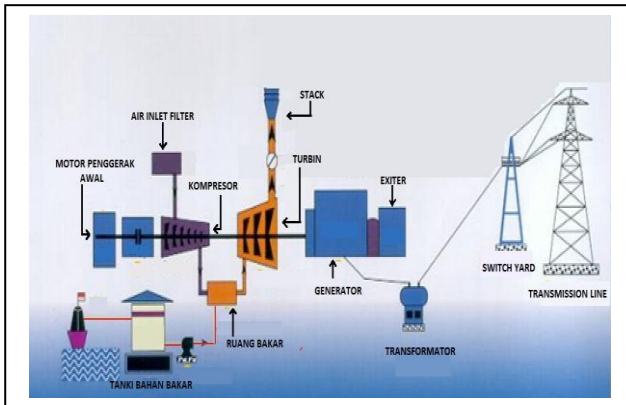
2.1 Gas Turbin Generator

Gas Turbin Generator merupakan suatu pembangkit listrik yang memanfaatkan gas sebagai fluida kerjanya. Suatu unit Gas Turbin Generator terdiri dari beberapa komponen utama yaitu, Cranking Motor, Kompresor, Ruang Bakar, Turbin dan Generator listrik.



Gambar 1. Generator Gas Turbine

2.2 Proses GTG



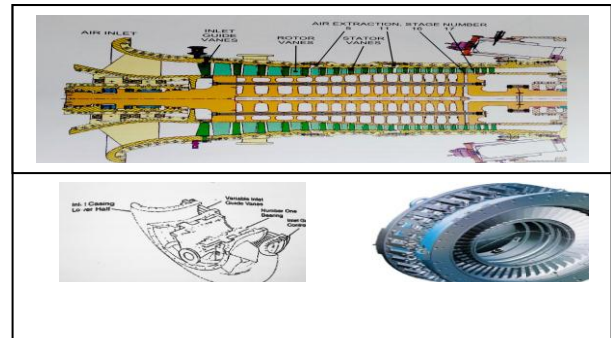
Gambar 2. Proses PLTG

GTG Tambak Lorok UP Semarang termasuk jenis Gas Turbin yang menganut siklus Brayton Terbuka, dimana udara luar disedot masuk ke dalam kompresor, dimana didalam kompresor udara dikompresi sehingga terjadi peningkatan suhu dan tekanan. Udara bertekanan tinggi diproses didalam ruang pembakaran dimana bahan bakar disemprotkan sehingga terjadi pembakaran pada tekanan konstan. Gas temperature tinggi yang dihasilkan ruang bakar akan menimbulkan tenaga yang kemudian gas tersebut dialirkan masuk dan memutar turbin.

Gas bekas memutar turbin dibuang melalui cerobong (tidak disirkulasikan kembali), menjadikan siklus diklasifikasikan sebagai siklus terbuka.

2.3 Sistem Inlet Guide Vane

Sistem *Inlet Guide Vane* (IGV) merupakan system yang digerakkan secara hidrolis. IGV berfungsi sebagai pengatur laju aliran udara yang masuk menuju ke kompresor pada saat GTG *start up*, keadaan sewaktu beroperasi dan GTG saat *shutdown*. IGV dipasang pada sisi masuk dari kompresor *Gas Turbine Generator* (GTG). Kontrol aliran udara dengan IGV tersebut mengatur pemenuhan kebutuhan aliran udara oleh *compressor gas turbine* serta menjaga tekanan dan kebutuhan udara minimum di ruang bakar.



Gambar 3. Inlet Guide Vane

2.4. Perangkat Inlet Guide Vane Aktuator IGV

Aktuator IGV merupakan batang penggerak igv yang menggunakan tenaga hidrolis, actuator dihubungkan ke control ring yang bertautan dengan pinion gear pada ujung-ujung blade igv. Pergerakan batang actuator ini diatur oleh aliran minyak yang masuk ke dalam silinder hidrolis.

2.5. Double Acting Hydraulic Cylinder

Double Acting Hydraulic Cylinder bekerja dengan memanfaatkan tekanan hidrolis untuk menggerakkan batang penggerak. Batang penggerak ini bekerja dalam dua arah yang berlawanan.

2.6. Electrohydraulic Servo Valve (90TV)

Electrohydraulic Servo Valve merupakan penghubung antara system elektrik dengan system mekanis. Perangkat system elektrik adalah system pengendali Speedtronic Mark V dan perangkat sistem mekanis berupa silinder hidrolis aksi dua arah. Arah dan gerakan dari batang silinder hidrolis dikontrol berdasarkan pada input arus ke *servo valve*. *Servo valve* sebagai *interface* antara system mekanis dan elektrik bekerja dengan cara mengubah sinyal elektrik menjadi pergerakan hidrolis. Berdasarkan sinyal input elektrik ini, *servo valve* mengatur cairan hidrolis bertekanan tinggi yang dialirkan ke actuator

2.7. Linear Variable Differential Transformer (96TV)

LVDT digunakan sebagai sensor posisi actuator hidrolis yang dikendalikan. Pada system pengendalian *Inlet Guide Vanes* dipasang dua buah LVDT yaitu 96TV-1 dan 96TV-2. Posisi fisik dari actuator dideteksi oleh LVDT dan diubah ke dalam sinyal tegangan yang di umpan balikkan ke kontroler. *Output* dari LVDT adalah tegangan AC yang proporsional dengan posisi *core* dari LVDT.

2.8.Dump Valve (VH3-1)

Pada perangkat pengendalian IGV juga dilengkapi dengan *Dump Valve* (VH3-1). Perangkat ini dioperasikan dengan memanfaatkan solenoid sebagai penggerak. Valve VH3-1 ini aktif jika di-energize dan trip jika di-deenergize. Cara kerja seperti ini untuk memproteksi generator turbin ketika mengalami kehilangan suplai tegangan.

2.9.Solenoid Valve (20TV)

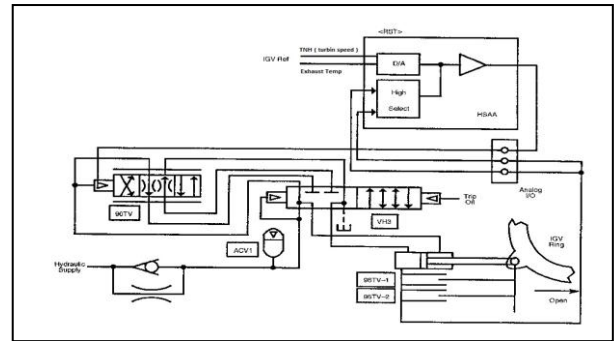
Solenoid Valve (20TV-1) merupakan salah satu perlengkapan proteksi pada GTG terhadap gangguan yang terjadi pada IGV. Bila IGV mengalami gangguan maka *solenoid valve* (20TV-1) menjadi trip. Solenoid yang trip akan membuat tekanan hidrolis minyak trip turun dan membuat *Dump Valve* menggerakkan IGV ke posisi menutup.

2.10. Pengoperasian Inlet Guide Vane

Pada saat Gas Turbin Generator di *start-up*, *Inlet Guide Vanes* dibuat menjadi posisi tertutup penuh dan *compressor bleed valve* dalam posisi terbuka. Pada keadaan tertutup penuh, sudut IGV sebesar 34°. Posisi dari IGV ini dipertahankan dari nol hingga putaran mencapai sekitar 83%. Nilai 83% dari putaran ini disesuaikan pada kondisi udara dengan temperature 80°F (26.67°C). Nilai ini bisa diatur disesuaikan dengan perubahan kondisi udara lingkungan sekitar.

Pada keadaan suhu *ambient* lebih besar dari 80°F , maka nilai prosentase lebih kecil, begitu sebaliknya.Untuk keperluan supply udara pada ruang bakar masih disuplai oleh *Atomizing air Booster* (88AB).Setelah kecepatan dari gas turbin mencapai 83%, IGV akan mulai membuka 6.7% setiap persen kenaikan putaran sampai dengan batas sudut pembukaan *minimum* IGV yaitu 57°. Keadaan ini pada umumnya terjadi pada kecepatan sekitar 91% putaran turbin gas dan dilanjutkan dengan menutupnya *compressor bleed valve* pada kecepatan 95%.

Pengaturan penambahan pembukaan sudut IGV diatur sesuai dengan penambahan pembebanan pada GTG dan juga meningkatnya temperatur gas buang yaitu sekitar 370°C. Sudut pembukaan IGV akan terbuka penuh yaitu sekitar 86° saat *base load* pada mode operasi GTG *combined cycle* dan temperature gas buang sekitar 560°C.



Gambar 4. Skematik Diagram IGV

2.11. Root Cause Failure Analysis

RCFA (*Root Cause Failure Analysis*) merupakan bagian dari *Proaktif Maintenance*, yang mana *Proaktif Maintenance* ini adalah merupakan langkah pemeliharaan yang lebih berkonsentrasi pada pemantauan dan koreksi akar penyebab kegagalan peralatan.

RCFA sendiri adalah metode penyelesaian masalah/gangguan dengan cara menyusun data-data peralatan dan kronologis gangguan baik secara *physical root* , *human root* dan *latent root cause* untuk dapat menentukan akar penyebab dari gangguan yang terjadi sehingga dapat dilakukan perawatan dan perbaikan.

2.12. Tahapan RCFA



Gambar 5. Tahapan RCFA

3.METODE PENELITIAN

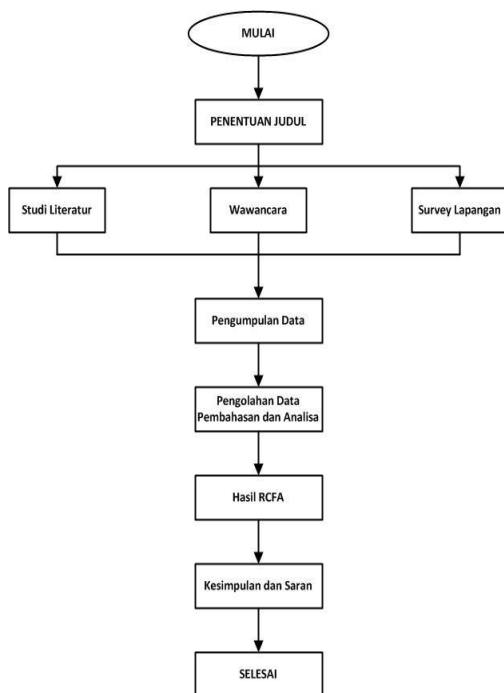
Metodologi yang digunakan dalam penyusunan Penelitian ini adalah dengan cara pengumpulan data-data yang ada, baik itu hasil forum, wawancara, data operasional, serta pengamatan dilapangan /object kerja secara langsung. Selain itu penulis juga mengambil referensi dari buku-buku manual yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Sedangkan untuk penyelesaian masalah adalah menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* yang datanya diambil dari divisi enjineering Unit Pembangkitan Semarang.

3.1.Teknik Analisa Data

Teknik analisa data yang digunakan pada analisa gangguan IGV adalah secara kuantitatif dan kualitatif dengan cara mengumpulkan data-data gangguan pada IGV untuk kemudian dibuat tabel data kronologis gangguan dan mulai mencari data-data yang berhubungan dengan penyebab gangguan, baik itu data secara pengamatan, sequence data dan data operasional, untuk kemudian diurutkan menjadi sebuah system untuk dapat dianalisa akar penyebab gangguan sebenarnya dan diambil kesimpulan untuk kemudian dibuatkan rencana perbaikannya.

3.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

3.3. Pengolahan Data

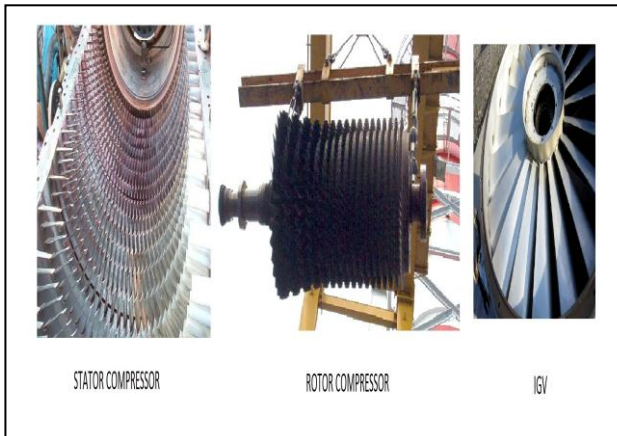
Pengolahan data Proyek akhir menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Mencari personil yang terkait dengan permasalahan RCFA
- Mencari data peralatan yang rusak
- Mencari sumber informasi kegiatan laporan harian terkait gangguan IGV
- Mencari sumber informasi terkait system IGV baik secara literature, survey lapangan maupun wawancara dengan bagian pemeliharaan.
- Mencari drawing teknis
- Membuat kerangka tulisan dan diagram RCFA
- Melakukan analisa gangguan IGV
- Membuat kesimpulan akar penyebab gangguan IGV
- Membuat FDT (*Failure Defence Task*)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi peralatan

- Gas Turbine Generator tipe MS9001E General Electric 1991
- Kapasitas Daya GTG 121 MW, 3000 rpm, 50 Hz
- Jenis Turbin axial 3 tingkat
- Kompresor Gas Turbin tipe axial 17 tingkat
- Inlet Guide Vane tipe radial/ vortex damper General Electric Manufactured
- ✓ Jumlah Vane blade dan pinion gear 64 pcs/ IGV set
- ✓ Aktuator IGV penggerak hidrolisk dengan silinder tipe *Double Acting*
- ✓ Standard MS9001E IGV Setting
 - Ring Stop: 90 DGA
 - Actuator Stop Open: 88 DGA
 - Max Open Position: 86 DGA
 - Min Modulating Position: 57 DGA
 - Closed Position: 34 DGA
 - Actuator Stop Closed: 32 DGA



Gambar 7. Komponen Kompresor GTG

4.2 Kronologis Gangguan

Dari data kronologis, terlihat penyebab GTG trip berasal dari alarm IGV Control Trouble.

Tabel 1. Data Gangguan IGV

NO	UNIT	BEBAN	KRONOLOGI	KETERANGAN
1	GTG 2.2	100MW	26-Feb-14 jam 21:16 WIB IGV Control Trouble	GTG TRIP
2	GTG 1.1	100MW	18-Mar-14 jam 17:50 WIB IGV Control Trouble	GTG TRIP
3	GTG 2.1	75MW	14-Augst-14 jam 18:13 WIB IGV Control Trouble	GTG TRIP
4	GTG 2.3	70MW	16-Okt-14 jam 20:41 WIB IGV Control Trouble	GTG TRIP

4.3 Sequence Alarm IGV Control Trip

Berikut adalah penyebab munculnya alarm IGV Control Trouble :

- Saat Putaran GTG < 95% Pembukaan IGV melenceng dari referensi
- Saat Putaran GTG > 95% pembukaan IGV kurang dari 50%
- Sudut IGV actual melenceng sebesar 7.5° dari referensi selama 5 detik.

4.4 Analisa Gangguan IGV

RCFA 5 *Why's* gangguan IGV :

- ❖ **1st Why :**
 - Failure Condition : GTG Trip
 - Failure Mode : Alarm IGV Control Trouble Trip

- ❖ **2nd Why :**
 - Failure Mode : IGV Control Trouble Trip
 - Failure Cause 1 : LVDT (Linear Voltage Differential Transformer) Trouble
 - Failure Cause 2 : System Hydraulic Supply Trouble (Aktuator Hidrolik menutup)
 - Failure Cause 3 : Servo IGV Trouble

- ❖ **3rd Why :**
 - Failure Cause : Aktuator Hidrolik Menutup
 - FC 4 : Line Hidrolik Bocor
 - ✓ Cek Line Hidrolik
 - ✓ Hasil Normal : Tidak ada kebocoran
 - FC 5 : Katup Drain *Open* / Solenoid Valve *de-energized*
 - ✓ Cek Power Supply Solenoid valve 20TV
 - ✓ Hasil power supply solenoid valve 20TV mati

- ❖ **4th Why**
 - Failure Cause : *Power Supply solenoid igv* mati
 - FC 6 : *Power Electrical Control Center 400 V Trip*
 - ✓ Cek Breaker PECC
 - ✓ Hasil Normal ON
 - FC 7 : *Fuse* putus
 - ✓ Cek *Fuse Solenoid IGV*
 - ✓ Hasil *Fuse 13* Putus
 - Data solenoid yang diakomodir Fuse 13 :
 - L20TV : IGV solenoid valve
 - L20PG : Gas Fuel System Purge Solenoid valve
 - L20VG : Fuel Gas Vent Solenoid Valve
 - L20PL : Liquid Fuel System Purge Solenoid valve

❖ **5th Why**

Karena dalam satu fuse terdapat beberapa komponen perlu dilakukan pengecekan solenoid manakah yang menyebabkan putusnya *Fuse 13*.

- Failure Cause : *Fuse 13* putus
 - FC 8 : Salah satu solenoid *short* / rusak
 - ✓ Cek masing-masing solenoid
 - ✓ Hasil *solenoid vent gas L20VG Short* (pengukuran tahanan 0.5 ohm, normal 400 ohm)

4.5 Hasil Analisa Data

Dari hasil analisa menggunakan metode RCFA terhadap gangguan IGV, ditemukan akar penyebab dari gangguan yaitu solenoid valve vent gas short,

dimana solenoid valve vent gas ini memutuskan Fuse 13 yang sama-sama dipakai oleh solenoid igv, sehingga solenoid valve igv de-energize dan membuka katup drain minyak hidrolik dan menyebabkan actuator menutup vane blade dari igv dan membuat GTG trip.

4.6 Failure Defence Task

Agar gangguan tidak terulang lagi maka dibuat Failure Defence Task atau tindakan pencegahan gangguan, Di sini FDT yang disarankan adalah penggantian solenoid yang short (solenoid valve vent gas) dengan kualitas yang lebih bagus, serta dibuatnya jadwal *Preventif Maintenance* (perawatan berkala) terhadap komponen IGV .

4.7 Hasil Monitoring Tindak Lanjut FDT

Berdasarkan hasil FDT dari RCFA Gangguan IGV, maka sebagai tindak lanjut dapat dilakukan monitoring dengan melihat hasil CM (*Corrective Maintenance*) yang dilakukan oleh bagian pemeliharaan

Tabel 2. Monitoring CM Gangguan IGV

Indikasi	Sebelum	Sesudah
Frekuensi gangguan IGV Control Trouble	Tahun 2014 : 4 kali	Januari-Mei 2015 : 0
Fuse 13	Sering Putus	Tidak ada
Potensi GTG Trip	Tinggi	Rendah

Kesimpulan

1. Setelah melakukan analisa menggunakan metode RCFA, ditemukan penyebab utama dari gangguan control dari *Inlet Guide Vane* adalah berasal dari *solenoid valve vent gas L20VG* yang *Short* dan menggunakan *Fuse* yang sama dengan yang digunakan oleh *solenoid valve igv L20TV*.
2. *Failure Defense Task* diperlukan guna mencegah agar gangguan tidak terjadi dilain waktu, dalam hal ini FDT untuk gangguan IGV adalah dengan mengganti *solenoid valve vent gas L20VG* dengan kualitas yang lebih bagus.

Daftar Pustaka

Ansaldo Thomassen, *Training Manual For General Electric MS9001E Heavy Duty Gas Turbines*, PT.Indonesia Power Tambak Lorok Semarang, February 2011.

Ating Sudradjat, *Root Cause Failure Analysis and General Analysis Technique*, Document of Engineering PT.Indonesia Power UP Semarang, 2014.

Engineering Dept, *Laporan Data Gangguan dan RCFA*, PT.Indonesia Power UP.Semarang, Tahun 2014.

General Electric, *Heavy Duty Gas Turbine Service Manual, Turbines Accessories and Generator*, Volume I, Tahun 1992.

General Electric, *MS9001E Gas Turbine-Generator Operation Training*, PLN/Sumitomo Tambak Lorok Semarang, Tahun 1993.

General Electric, *Operators Manual Gas Turbine*, PT.PLN Tambak Lorok CCPP Block 2, Tahun 1995.

Mike Sondalini, *Understanding How to Use The 5-Whys for Root Cause Analysis*, Lifetime Reliability Solutions, 2005.

Roger Zavagnin, *An Overview of a RCFA Process*, EnCana Corporation, February 2008.