

Analisis Gangguan *Static Frequency Converter* (SFC) PLTG Gilimanuk

Reza Adisetia Saputra, I Wayan Sugarayasa, I Nyoman Gede Adrama

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional
E-mail : sugarayasa@undiknas.ac.id

ABSTRACT : The electricity system in Bali is supported by several generators, including PLTD / G Pesanggaran, PLTG Gilimanuk, PLTG Pamaran, Sea Cables and IPP Generators in meeting electricity needs in Bali, which can supply electricity needs at the greatest peak load of 940 MW. Along with the increasing various types of electricity consumers in Bali, the performance of each operation is demanded to be in prime condition. However, it does not rule out the disturbance will occur over time, among others, at the Gilimanuk PLTG, an SFC interruption with Card Processor Error Indication and, the Gilimanuk PLTG unit failed to start with an indication on the HMI SSD N. Alarm caused by damage to the 24VDC "traco power switching supply module". PLTG Gilimanuk Simple Cycle ABB 13E2 uses Static Frequency Converter (SFC) as the initial mover by turning the generator into a motor to rotate the turbine to 85% speed. With a disturbance in the processor module it resulted in a failure to start the GT Gilimanuk. Root Cause Analysis tool which is quite easy to do to help find the root of the problem or cause and effect in dealing with future problems. One way to do this is by using the FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) tool, Fish Bone Analysis and Fault Tree Analysis.

Keyword : Disruption of SFC, Bali Electrical System, PLTG Gilimanuk, Static Frequency Converter, RCFA

PENDAHULUAN

PLTG Gilimanuk dengan tipe pembangkit *Simple Cycle ABB 13E2* menggunakan sistem *Static Frequency Converter* (SFC) sebagai penggerak awal dengan memfungsikan generator menjadi motor, untuk membangkitkan *fluxmagnet* pada stator generator menggunakan tegangan *auxiliary* 2.1 kV melalui *GCB Breaker* 2.1 kV yang disearahkan lewat *diode SCR* diatur *frequency* kontrolnya dengan menggunakan *module* SFC. Bersamaan dengan itu, untuk membangkitkan *fluxmagnet* pada rotor generator menggunakan tegangan *auxiliary* 400 Volt yang diatur *frequency* kontrolnya menggunakan *module control* dan trafo sebagai *power supply card module* SFC. *Module card processor* mengatur kerja SCR untuk mengatur tegangan yang dialirkan ke stator generator sehingga generator difungsikan sebagai motor untuk memutar turbin sampai putaran 85% *speed*. Dengan adanya gangguan pada *module processor* mengakibatkan kegagalan pada *start* GT Gilimanuk. Tahun 2007 terjadi gangguan SFC dengan Indikasi *Card Processo Error* dan Februari 2018, unit PLTG Gilimanuk mengalami gagal *start* dengan indikasi pada *HMI SSD N.Alarm* yang disebabkan kerusakan *modul power switching supply 24VDC "traco"*

Tujuan Penelitian

Untuk memastikan tidak terjadi gangguan berulang pada sistem SFC sehingga tidak mengalami gagal start sebagai berikut :

1. Untuk memastikan proses berjalan sesuai dengan prosedur
2. Menganalisa gangguan operasional unit pembangkit akibat SFC
3. Mengatasi masalah kegagalan start akibat SFC
4. Menjaga keandalan dan kesiapan unit pembangkit
5. Improvement peralatan dan inovasi
6. mengukur tingkat kebocoran gas pada *flange main gas header* PLTDG 200 MW Pesanggaran dengan Arduino
7. Dapat mengirim notifikasi dan data pengukuran tingkat kebocoran gas secara *real time* dan dapat diakses secara online
8. Dapat merealisasikan perangkat keras dan perangkat lunak pada rancang bangun alat pendeteksi kebocoran gas LNG pada *main gas header* PLTDG 200 MW Pesanggaran

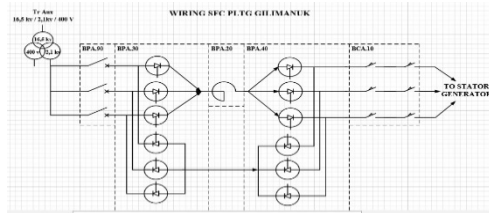
LANDASAN TEORI

2.1 *Static Frequency Converter*

SFC adalah suatu peralatan sejenis *Variable Speed Drive* (VSD) yang digunakan untuk proses start up pada generator. SFC dapat mengubah fungsi generator sinkron menjadi motor sinkron sampai

turbin gas dapat berputar secara independen. Ada 2 mode pada operasi start up, dimana mode ini dilakukan oleh *inverter* :

1. *Load Commutation mode*
2. *Pulse Mode*



Gambar 2.1 Wiring SFC

Tegangan jaringan diturunkan menggunakan *transformer step down* hingga menjadi tegangan yang cocok untuk *rating input converter*. Converter mengkonversi tegangan AC ke DC. Dengan mengatur *frekuensi trigger* pada *thyristor* maka tegangan DC yang dihasilkan bervariasi.

DC Reactor menghilangkan riak dan *Inverter* mengubah tegangan DC ke AC. Karena *output converter* adalah *DC variable*, maka tegangan AC yang dihasilkan *inverter* adalah tegangan AC variable artinya frekuensinya dapat diubah tergantung pengaturan *trigger thyristor* pada *converter*. Generator akan bertindak sebagai motor sinkron selama *start up*. Perlahan dari kondisi turning sampai kecepatan sesuai set-nya (3000 rpm). Panel kontrol SFC mengontrol *converter* dan *inverter*, dan mengawasi sinyal error dari peralatan tersebut. Kumparan rotor generator di eksitasi tegangan DC oleh eksiter dan menghasilkan medan magnet. Output SFC berupa tegangan AC dengan *frekuensi variable* dihubungkan ke kumparan stator dan menghasilkan medan magnet. Kutub medan rotor mendapat tarikan dari kutub medan putar stator hingga turut berputar dengan kecepatan yang sama (sinkron). Dalam keadaan ini fungsi generator sinkron diubah jadi motor sinkron. Putaran motor sinkron ditingkatkan hingga turbin dapat berputar secara independen. *Static Frequency Converter* (SFC), peralatan start yang digunakan untuk starting generator kerap kali bermasalah saat akan dijalankan. Permasalahan yang menimpa GT yang ada bermacam-macam. Mulai dari *card* yang rusak, putaran yang terbalik, hingga gangguan ke peralatan yang berada di dekat situ. Saat *card controller* dari SFC rusak maka SFC tidak dapat digunakan, atau start menggunakan SFC unit lain. Jika GT tidak start maka generator GT di Gilimanuk yang berkapasitas 130 MW tidak dapat bekerja dan dengan asumsi harga listrik Rp. 5.500,- / kWh perusahaan akan kehilangan potensi pendapatan sekitar $130 \times 1000 \times 5.500 = \text{Rp. } 710.500.000,-$ per jam. Penyebab seringnya gangguan di SFC ini bisa bermacam-macam. Salah satunya karena kurang

halusnya proses pembentukan gelombang. Arus yang akan disuplai ke generator/motor diolah terlebih dahulu. Proses ini terkadang menghasilkan bentuk gelombang yang terdistorsi, atau bentuk gelombang tidak sesuai yang diinginkan seperti DC yang tidak sempurna dan lain sebagainya. Bentuk gelombang ini lalu ditangkap dan digunakan oleh beberapa peralatan sensor untuk digunakan sebagai input ke beberapa *relay* atau *controller SFC* yang umumnya terdiri dari *card-card* yang amat sensitif sekali. Oleh karena itu distorsi yang parah digelombang bisa jadi dapat mengakibatkan *card* dan peralatan sensor bekerja tidak semestinya, bahkan mungkin saja distorsi ini dianggap sinyal gangguan oleh suatu *relay (fake signal)*. Oleh karena itu perlu dilihat dan dievaluasi apakah fungsi *choke (filter)* gelombang yang selama ini digunakan di DC link sudah cukup aman atau perlu dirubah.

2.2 Metode Analisis

Metode Analisis data berbeda dengan teknik analisis data walaupun bunyinya serupa. Metode lebih merujuk kepada pendekatan yang lebih umum dan di dalamnya terdapat teknik dari pendekatan tersebut. Metode penelitian secara garis besar dibagi dua bagian yaitu metode kuantitatif dan metode kualitatif. Sedangkan dalam metode kuantitatif sendiri terdapat berbagai macam teknik analisis seperti teknik korelasional, regresi, komparasi, deskriptif dan sejenisnya. Ilustrasi: analisis data Metode analisis data kuantitatif adalah pendekatan pengolahan data melalui metode statistik atau matematik yang terkumpul dari data sekunder ataupun data sekunder. Kelebihan dari metode ini adalah kesimpulan yang lebih terukur dan komprehensif.

2.2.1 Fish Bone Analysis

Fishbone diagram akan mengidentifikasi berbagai sebab potensial dari satu efek atau masalah, dan menganalisis masalah tersebut melalui sesi *brainstorming*. Masalah akan dipecah menjadi sejumlah kategori yang berkaitan, mencakup manusia, material, mesin, prosedur, kebijakan, dan sebagainya atau 5M 1E. Setiap kategori mempunyai sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui sesi *brainstorming*.

2.2.2 Sequence of Event

Analisa dari setiap *event/sequence* : peristiwa-peristiwa yang terjadi secara kronologis/berurutan pada unit pembangkit.

2.2.3 Fault Tree Analysis

Analisis diagram terstruktur yang mengidentifikasi elemen-elemen yang dapat menyebabkan kegagalan sistem. Teknik ini didasarkan pada logika deduktif dan dapat disesuaikan dengan identifikasi risiko untuk menganalisis bagaimana dampak risiko yang

muncul. Penerapan teknik ini secara efektif membutuhkan penjelasan mendetail tentang area yang sedang dibahas. Hasil yang tidak diinginkan pertama kali diidentifikasi dan kemudian semua kemungkinan kondisi/kegagalan yang mengarah pada peristiwa tersebut lalu diidentifikasi. Dalam hal ini untuk mengungkapkan unsur-unsur yang berpotensi berbahaya pada setiap fase proyek.

METODE PENELITIAN

Lokasi yang dipilih adalah PT Indonea Power Gilimanuk-Bali, dalam pembuatan Tugas Akhir ini penulis menggunakan metode dengan cara: Dalam metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Observasi

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi, studi dokumentasi, di unit PLTG Gilimanuk.

b. Wawancara

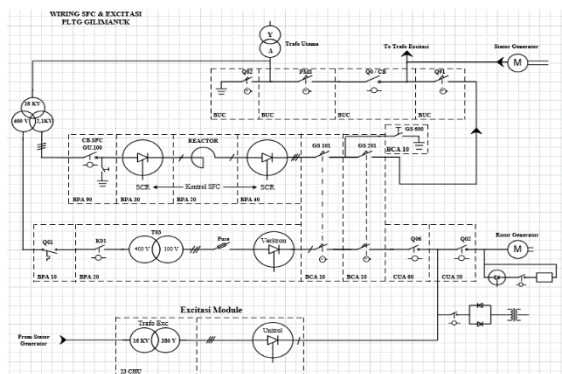
Wawancara dilakukan dengan berkomunikasi langsung dengan pihak-pihak terkait maupun yang ahli dalam hubungannya dengan sistem perancangan sistem.

c. Dokumentasi

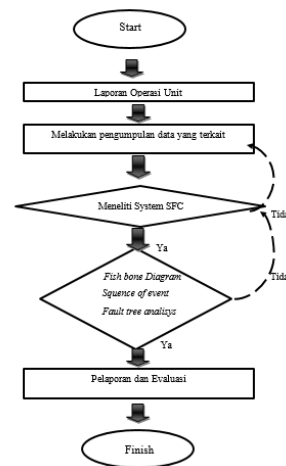
Dokumentasi dilakukan dengan menuliskan hasil penelitian ke dalam suatu laporan yang tersusun secara jelas berdasarkan data dan hasil pengamatan.

d. Analisa Data

Analisa data dilakukan dengan kualitatif menuliskan dan menganalisis operasi unit pembangkit dengan metode fish bone analysis, sequence of event, dan fault tree analysis



Gambar 3.1 Wiring SFC



Gambar 3.2 Alur Analisa Gangguan SFC PLTG Gilimanuk

1. Studi dan pengumpulan data, adalah kegiatan mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam *system SFC* , mulai dari mempelajari sampai dengan instalasinya, dan juga fungsi-fungsi proteksi yang dimilikinya.
2. Persiapan melakukan persiapan alat dan bahan apa saja yang dibutuhkan dalam operasional dengan metode analisis *engineering*
3. Setelah melakukan analisa dengan beberapa *metode engineering* atau *Root Cause Fault Analisis* dapat menemukan penyebab dan sumber utama dari gangguan tersebut yang di uraikan dari beberapa metode antara lain *fish bone diagram*, *sequence of event* dan *fault tree analysis*
4. Pembuatan laporan dilakukan setelah menganalisa data hasil yang kemudian akan menjadi sebuah *improvement* dan bahan evaluasi terhadap pembuatan *maintenance strategi*

PEMBAHASAN

4.1 Histori Gangguan

- 1. Kronologis Kejadian Tanggal : 21 Februari 2018**
- Pk. 07.44.39.392 Wita : GT Auto Prog Step 55 Active All
 - Pk. 07.44.45.392 Wita : Enable Start
 - Pk. 07.44.45.392 Wita : Exiter Breaker N Closed
 - Pk. 07.44.45.392 Wita : MV Breaker SFC N Closed
 - Pk. 07.44.45.395 Wita : SFC Alarm

Indikasi yang muncul:

Alarm Electrical Control System SFC Loss Power, Error Card Processor SFC Interface .

Relay yang kerja :

- Tidak ada relay yang kerja

2. Tindakan Awal :

- Perbaikan *Module Switching 24 VDC SSD/SFC*
- Penggantian *Card Processor PP C322AE dan Combine I/O UA C326*
- *Install Komunikasi Interface Processor Starting Device (SFC).*

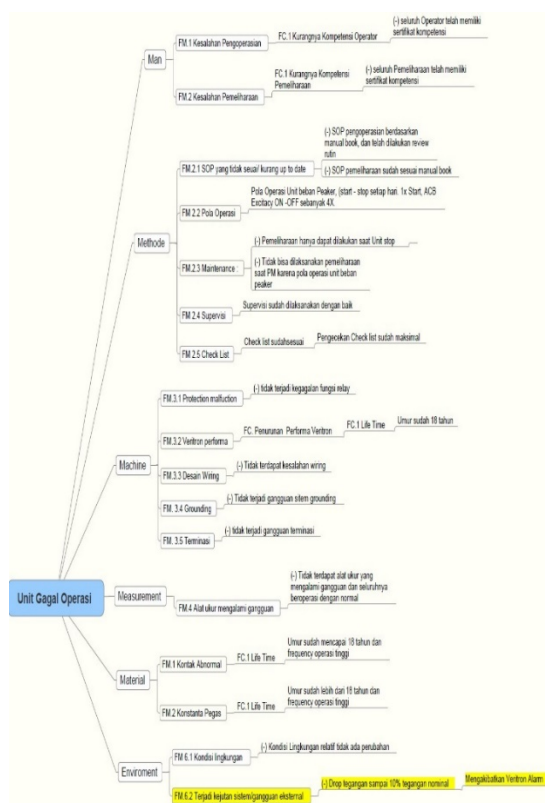
3. Data Operasional

- Umur peralatan sudah 24 tahun (sejak *commissioning*) belum pernah dilakukan penggantian *Switching Power supply* dan *Card Processor*.
- Tahun 2007 dilakukan penggantian card processor SFC dengan material bekas dengan status Pinjaman dari Unit Muara Tawar.

4.2 Pemecahan Masalah

Dalam menentukan akar penyebab permasalahan dilakukan dengan pendekatan tiga metode analisis, yaitu:

4.2.1 Fish Bone Analysis dengan metode 5M1E



Gambar 4.1 Fish Bone Diagram

a. Kode FM2.3 Metode Maintenance

Dari sisi *Meintenance* bahwa tidak dapat dilakukan pemeliharaan ataupun Assesment pada Module card karena tidak tersedianya *spare card* sehingga pemeliharaan dilakukan pada saat terjadi *Failure*. Maka dari itu performance card tidak dapat diketahui secara dini.

b. Kode FM3.3 Machine Design Wiring

Design wiring power supply module card SFC masih tergabung dengan *power supply Fan* pendingin, kondisi ini sangat riskan akan dapat menggagalkan fungsi *module card* jika terjadi gangguan pada fan pendingin module, oleh karena itu untuk menjaga keandalan *power supply module card SFC power supply fan* pendingin harus dipisah dengan *power supply module card*.

c. Kode FM5.1 Material

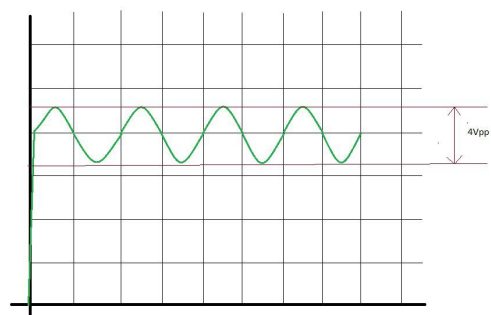
Material Card SFC usianya sudah mencapai 24 tahun, dimana umur tersebut sudah melewati life time umur card 20 tahun.

d. Kode FM6.2 Enviroment

Gangguan-gangguan mekanis karena pekerjaan galian saluran lain. Gangguan ini terjadi untuk sistem kelistrikan bawah tanah. Pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat menyebabkan gangguan hubung singkat karena tembus isolasi peralatan (*breakdown*).

Terjadinya kerusakan *card Processor* dan *Card I/O gate control* akibat usia card sudah 24 tahun melewati life time 20 tahun, dan tidak dapat dilakukan pemeliharaan ataupun *assessment card* karena tidak tersedia *spare card*, dan juga adanya gangguan yang terjadi pada sistem akibat gangguan eskternal sehingga menyebabkan tegangan ripple.

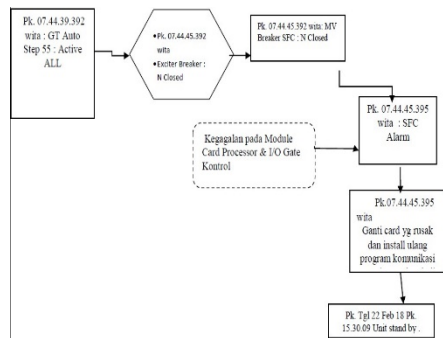
Vripple adalah $4V_{pp}$ dan $V_{out DC}$ adalah $+24V$ sehingga perhitungannya sebagai berikut :
 $ratio\ ripple = \frac{V_{ripple}(rms)}{V_{out DC}} = 0.0589$
 $\%ripple = ratio \times 100\% = 0.0589 \times 100\% = 5.89\%$



Tegangan *ripplenya* dibatasi 5% dari nilai tegangan output rectifier 24 V. Tujuan, dimana nilai tegangan ripple tidak boleh melebihi 0,58 V agar beban-beban DC tidak mengalami kerusakan sebagai akibat tingginya gelombang ripple yang timbul. Sehingga kita asumsikan adanya tegangan ripple yang terjadi melebihi batas maksimalnya

2.3.1 Sequence of Event

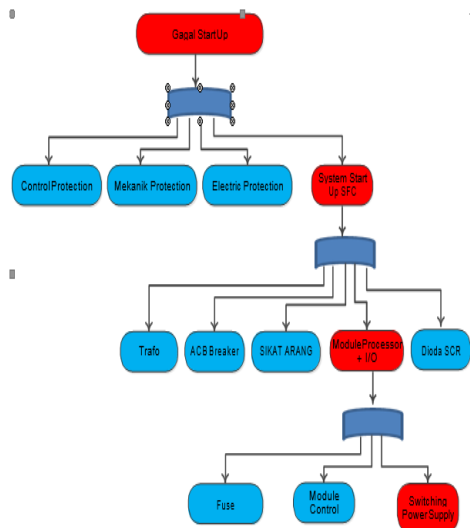
Urutan kejadian saat gangguan tgl 21 Februari 2018 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Event

Terjadinya kerusakan pada *switching power supply* karena terjadinya *ripple* tegangan, mengakibatkan supply tegangan ke *module SFC unstabil*, kondisi tersebut mengakibatkan kerusakan *card procesor* dan *card I/O* pada *module SFC*. Hilangnya tegangan supply ke *module* mengakibatkan *interface card SFC* mati total mengakibatkan kegagalan start up Unit PLTG Gilimanuk.

2.3.2 Fault Tree Analysis



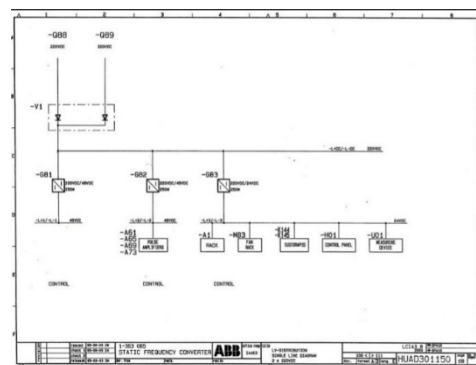
Gambar 4.3 Analisis FTA

Berdasarkan analisis menggunakan *fault tree analysis* terjadi gangguan pada *Switching power supply 24 VDC* yang menyebabkan terganggunya *power supply* untuk *module Card SFC* sehingga berdampak mengakibatkan kerusakan pada *card Processor* dan *Card I/O gate control*, serta *interface SFC* mati total. Dengan kondisi tersebut mengakibatkan kegagalan Start pada sistem SFC.

Berdasarkan analisis menggunakan *fault tree analysis* terjadi gangguan pada *switching power supply 24 VDC* yang menyebabkan terganggunya *power supply* untuk *module Card SFC* sehingga berdampak mengakibatkan kerusakan pada *card Processor* dan *Card I/O gate control*, serta *interface SFC* mati total. Dengan kondisi tersebut mengakibatkan kegagalan start pada *system SFC*.

Dari *design wiring, Switching power supply (G83)* mensupply tegangan untuk :

- A1 : module Rack card
- M83 : Fan Pendingin
- K1444, K145 : Relay Kontaktor
- H01 : Control Panel Display
- U01 : Module Measuring device

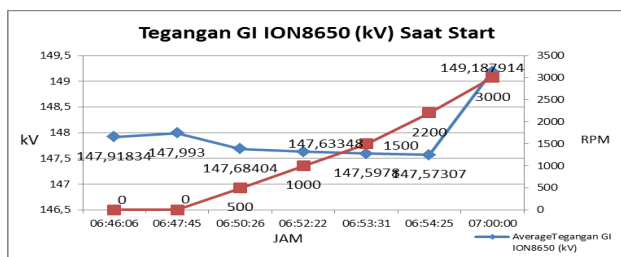


Gambar 4.4 Wiring supply

Dengan koneksi *wiring* seperti diatas maka akan sangat riskan terjadinya gangguan berulang jika terjadi gangguan pada *fan* pendingin, dimana gangguan *fan* pendingin akan mengakibatkan terganggunya *power supply* ke *Module card SFC*. Untuk menghindari kejadian tersebut maka *power supply motor fan* pendingin dipindah dengan menggunakan *switching power supply* tambahan

Disisi lain kita perlu ada *reseting* pada *SFC TRIP HP LINE*, Rendahnya tegangan pada sistem 150 kV, tetapi jika melihat pada Aturan Jaringan sesuai Peraturan Menteri ESDM no. 03/2007 tentang Aturan Jaringan Energi Listrik, batasan minimal tegangan nominal transmisi sebesar 10% (pada sistem 150 kV sebesar 135 kV) & batasan maksimal 5% (pada sistem 150 kV sebesar 157.5 kV), maka tegangan sistem 150 kV pada GI Gilimanuk memenuhi ketentuan. *Regulation voltage* akibat pembebanan pada *Main Trafo* ditambah *regulation voltage* pada *Aux Trafo*, dimana *Regulation Voltage* adalah Penurunan Tegangan pada sekunder trafo saat dibebani, akibat adanya resistansi belitan dan *fluks* bocor antar belitan yang dinyatakan dengan rumusan sebagai berikut :

$$\% \text{ Regulation} = \frac{\text{cooper loss} \times 100 + (\text{percentage reactance})}{\text{output}}$$



Gambar 4.5 Grafik tegangan SFC saat operasi

Perubahan setting parameter *Undervoltage* pada SFC dapat dilakukan melalui koneksi dengan kabel RS485-RS232 antara PC dengan *Card Processor SFC* dengan *Software FUPLA PSR Rel.4.0*

1. Merubah nilai HYS pada blok 9 dari nilai awal 5% menjadi lebih besar, untuk trip dan alarm
2. Merubah *ParamGrp_un<-lim1* menjadi lebih rendah dari 84.997568%, untuk trip dan alarm
3. Merubah *ParamGrp_del-U-SRN<T* menjadi lebih besar dari 1000 ms, untuk trip

Dari analisa yang dilakukan, maka diambil tindakan penanganan gangguan *static frequency converter* sebagai berikut:

1. *Setting Sfc saat undervoltage*
2. Penggantian *switching power supply, card processor dan card I/O gate control*
3. Perubahan **design wiring** dengan dilakukan pemisahan *power supply fan* pendingin dengan *power supply module card* melalui penambahan *switching power supply*

KESIMPULAN DAN SARAN

Untuk melakukan Plant Start Up , PLTG Gilimanuk menggunakan *Static Frequency Converter ABB Megadrive LCI 3.8MW*. SFC ini berfungsi merubah frekuensi & tegangan line untuk memutar generator (beroperasi sebagai motor sinkron) secara *soft starting*. *Converter* mengkonversi tegangan AC ke DC. Dengan mengatur *frekuensi trigger* pada *thyristor* maka tegangan DC yang dihasilkan bervariasi. Namun, tegangan DC ini memiliki riak. *DC Reactor* menghilangkan riak tersebut. *Inverter* mengubah tegangan DC ke AC. Karena output *converter* adalah DC *variable*, maka tegangan AC yang dihasilkan *inverter* adalah tegangan AC variable artinya frekuensinya dapat diubah tergantung pengaturan trigger *thyristor* pada *converter*. Generator akan bertindak sebagai motor sinkron selama *start up*. Perlahan dari kondisi *turning* (3rpm) sampai kecepatan sesuai *set-nya* (3000 rpm). Panel kontrol SFC mengontrol *converter* dan *inverter*, dan mengawasi sinyal *error*

1. Tahun 2007 terjadi gangguan SFC dengan Indikasi *Card Processor Error* dan Pada bulan

Februari 2018, unit PLTG Gilimanuk mengalami gagal start dengan indikasi pada *HMI SSD N.Alarm* yang disebabkan kerusakan *modul power switching supply 24VDC "traco"*

2. Dari hasil *Root Cause Failure Analysis* dapat diidentifikasi penyebab terjadinya kegagalan di *Module SFC* PLTG Gilimanuk yaitu :

a. Fish bone diagram :

Terjadinya kejadian *Interface Card SFC* padam karena kerusakan *Switching Power supply* untuk *module SFC* akibat ada kejutan di sistem yang mengakibatkan *ripple* tegangan ($\%ripple = rasio \times 100\% = 0.0589 \times 100\% = 5.89\%$) juga umur peralatan sudah 24 tahun melewati life time 20 tahun dan tidak memiliki spare part

b. Squence Of Event :

Kerusakan *switching power supply* mengakibatkan terjadinya *ripple* tegangan *supply* ke *module SFC* yang mengakibatkan kerusakan pada *card processor* dan *card I/O gate* kontrol, dimana usia card sudah 24 tahun tidak pernah diganti ataupun assesment karena tidak tersedia *spare Card*.

c. Tree Fault Analisis :

Dari *design wiring, supply module card* dan *module fan* masih menggunakan satu *switching power supply* dimana kerusakan fan pendingin akan mengakibatkan gangguan pada *interface card* yang dapat mengakibatkan kegagalan start

3. Dari analisa yang dilakukan, maka diambil tindakan penanganan gangguan *static frequency converter* sebagai berikut:

a. Setting Sfc saat undervoltage

b. Penggantian *switching power supply, card processor dan card I/O gate control*

c. Perubahan *design wiring* dengan dilakukan pemisahan *power supply fan* pendingin dengan *power supply module card* melalui penambahan *switching power supply* karena tidak tersedia *spare Card*.

5.2 Saran

Failure Defense Task (FDT)

Untuk menghindari terjadinya gangguan serupa dan dari analisa penyebab utama yang didapatkan, maka ada beberapa *failure defence task/rekomendasi* yang dapat dilakukan antara lain:

No. Reko men	Kerusakan	Action/ tindakan	task Code	Freq	Responsibility (PIC)
1	Switching Power Supply	Penggantian Switching Power Supply	PRO	AS	Har Listrik & Eng
2	Card Processor	Penggantian Card Processor	PRO	AS	Har Listrik & Eng
3	Card I/O gate Kontrol	Penggantian Card I/O gate kontrol	PRO	AS	Har Listrik & Eng
4	Design Wiring	Pemisahan power supply fan pendingin dengan power supply module card dengan penambahan Switching power supply	PRO	AS	Har Listrik & Eng

DAFTAR PUSTAKA

1. *ABB GT13E2. 1992. Manual Book PLTG Gilimanuk. Operation and Maintenance Manuals ABB Zurich.*
2. *Marsudi, D. 2006. Operasi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.*
3. *<https://catatanwsn.wordpress.com/2017/11/11/mengenal-sistem-tenaga-listrik/> Di akses pada 8 Juni 2020*
4. *<http://repository.uma.ac.id/handle/123456789/2649> Di akses pada 10 Juni 2020*
5. *https://www.wikiwand.com/id/Pembangkit_Listrik_Tenaga_Gas_dan_Uap Di akses pada 10 Juni 2020*
6. *<https://www.slideshare.net/NovanGhaseza/peran-cangan-pltg> Di akses pada 12 Juni 2020*
7. *http://repository.uma.ac.id/bitstream/123456789/2649/2/078120019_file2.pdf Di akses pada 12 Juni 2020*
8. *<https://dokumen.tips/documents/peralatan-pendukung.html> Di akses pada 18 Juli 2020*
9. *https://industri3601.wordpress.com/elektronika_daya/ Di akses pada 20 Juli 2020*