

Analisis Sistem *House Load* Dalam Menunjang Keandalan Penyaluran Listrik di PLTDG Pesanggaran

I Wayan Sugara Yasa, Guntara Nur, Made Asna

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Nasional, Indonesia

E-mail : wayansugarayasa@undiknas.ac.id

ABSTRACT : *The rapid and continuous growth of electricity today makes the availability of electricity must continue to increase as well. However, sometimes an imbalance between the capacity of the generating unit and the load on the power grid system can cause a decrease/increase in the frequency of the generating unit system, including the generation side, which under certain conditions can cause the generating unit to die. If the generating units are shutdown at the same time/simultaneously it can result in a blackout on the system. The house load operation mode on the power generation unit is one of the scenarios that can be applied to speed up the recovery process during a blackout. In this study, a house load test was carried out on one of the generating units. The methodology used is to conduct direct testing on the PLTDG Block 4 Unit 11 Pesanggaran. The results of this test the unit has successfully carried out a house load test with a time of 30 minutes from the 150 kV network voltage loss unit so that the house load operation mode on the PLTDG Block 4 Unit 11 Pesanggaran generator unit can accelerate the efficiency of synchronization back to the network between 73.26% to 88.31% produces an efficiency of 15.05%. Besides being able to increase the reliability of the distribution of the electric power system, the application of the house load operation mode on the generating unit can provide potential economic benefits of Rp. 1,690,804,988.,*

Keyword : *Blackout, House Load Operation Mode, PLTDG Blok 4 Unit 11 Pesanggaran*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan kelistrikan yang semakin pesat dan terus-menerus dimasa sekarang ini membuat ketersediaan listrik harus terus meningkat juga. Sehingga dibutuhkan sumber tenaga listrik yang dapat mencukupi kebutuhan listrik tersebut. Pembangkit listrik sendiri berfungsi untuk mengkonversi energi primer menjadi energi listrik. Untuk kebutuhan listrik di wilayah Bali, ada beberapa pembangkit listrik yang menyuplai kebutuhan listrik Bali, baik dari internal Bali maupun dari luar Bali. PLTDG (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel – Gas) Pesanggaran - Bali memiliki daya terpasang sebesar 200 MW, yang

berasal dari 12 mesin diesel menggunakan dua bahan bakar yaitu bahan bakar minyak seperti solar dan MFO serta dapat menggunakan bahan bakar gas yang lebih ramah lingkungan. Adanya ketidakseimbangan antara kapasitas unit pembangkit dengan beban pada sistem jaringan listrik dapat menyebabkan terjadinya penurunan/peningkatan *frekuensi* pada sistem unit pembangkit, meliputi sisi pembangkitan, yang mana pada kondisi tertentu dapat menyebabkan unit pembangkit mati. Jika unit-unit pembangkit tersebut *shutdown* pada waktu bersamaan/serentak hal tersebut dapat mengakibatkan *blackout* pada sistem. *Blackout*

merupakan suatu hal yang paling dihindari dalam sistem kelistrikan. Selain karena usaha pemulihan pasca kejadian yang sulit yang disebabkan beberapa faktor, *blackout* juga memberikan dampak buruk pada sektor ekonomi, sosial, bahkan politik. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu skenario yang tepat dan teruji pada sisi pembangkit untuk meminimalisir gangguan dan untuk mempercepat proses pemulihan kembali sistem tenaga listrik jika gangguan tersebut menyebabkan *blackout*. *House load* pada unit pembangkit listrik merupakan salah satu alternatif yang dapat diterapkan untuk mempercepat proses pemulihan saat *blackout*. Pada penelitian ini, penulis akan membahas analisa sistem *house load* dalam menunjang penyaluran tenaga listrik di PLTDG Pesanggaran sehingga mempercepat *recovery* saat terjadinya *blackout*.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari perencanaan ini yaitu

1. Untuk mengetahui bagaimana proses terjadinya *house load* di PLTDG Pesanggaran
2. Untuk mengetahui kronologi terjadinya pengujian *house load* di PLTDG Pesanggaran
3. Untuk mengetahui langkah – langkah apabila dalam pengujian *house load* ada yang gagal dilakukan.
4. Untuk mengetahui keuntungan penerapan *house load* pada pembangkit listrik secara teknis dan ekonomis.

II. LANDASAN TEORI

Sistem Kelistrikan Bali



Gambar 2.1 Sistem Kelistrikan Bali

Seperti terlihat pada Gambar 2.1 sistem kelistrikan Bali terinterkoneksi dengan sistem kelistrikan Jawa-Bali. Khusus pembangkit di Bali dikelola oleh PT Indonesia Power yang terdiri dari dua jenis pembangkit, yaitu pembangkit BBM dan Pembangkit Non BBM. Pembangkit BBM terdiri dari PLTG Gilimanuk 1 x 130 MW, PLTG Pemaron 2 x 40 MW, PLTG Pesanggaran 2 x 40 MW dan PLTDG MFO 50 MW. Sedangkan pembangkit Non BBM terdiri dari PLTDG 200 MW Pesanggaran, dan PLTG 17 MW dengan bahan bakar LNG (*Liquid Natural Gas*). *Supply* Kelistrikan Bali juga di kelola oleh swasta dengan pembangkit PLTU Culukan Bawang 3 x 130 MW. Kapasitas SKLT (Sistem Kabel Laut) sebesar 4 x 100 MW. Sumber total energi kelistrikan Bali sebesar 1.255 MW dengan kebutuhan beban puncak kelistrikan Bali tertinggi saat ini sebesar 912 MW. Jadi Bali masih memiliki cadangan sumber kelistrikan sebesar 343 MW.

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gas (PLTDG) Wartsila W18V50DF

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel dan Gas (PLTDG) Wartsila W18V50DF merupakan salah satu jenis mesin pembangkit listrik bertenaga diesel yang proses pembakaran di dalam mesin (*internal combustion engine*). Dalam 1 unitnya, mesin ini mampu menghasilkan output daya sebesar 17 MW. Dalam pengoperasiannya, mesin ini dapat dijalankan menggunakan 3 jenis bahan bakar yang berbeda, yaitu *Liquid Natural Gas* (LNG), *High Speed Diesel* (HSD) dan *Marine Fuel Oil* (MFO). Bahan bakar tersebut disalurkan melalui 2 buah sistem pemipaan bahan bakar berbeda, yang dikenal dengan istilah *dual fuel engine system*. Prinsip kerja dari PLTDG sama dengan prinsip kerja dari mesin diesel. Dari proses pembakaran akan diperoleh tekanan yang tinggi sehingga dapat menghasilkan tenaga.

Pengertian *Blackout*

Blackout atau padam total adalah keadaan dimana hilangnya seluruh sumber tenaga pada

suatu system tenaga listrik. Dalam hal ini apabila suatu pembangkit listrik mengalami *blackout* maka pembangkit tersebut mengalami padam total sehingga tidak mempunyai daya listrik untuk mensuplai listrik ke system jaringan luar maupun untuk suplai pemakaian sendiri.

Frekuensi

Frekuensi secara umum dapat diartikan sebagai jumlah kemunculan suatu kejadian yang berulang pada suatu jangka waktu tertentu. Frekuensi didefinisikan sebagai *jumlah periode gelombang yang terjadi selama 1 detik*. Mengacu pada SI, satuan frekuensi adalah Hertz yaitu jumlah siklus per detik. Nama ini diberikan sebagai penghargaan kepada Heinrich R. Hertz atas kontribusinya pada bidang gelombang elektromagnetik. Pada sistem tenaga listrik, istilah frekuensi diasosiasikan dengan frekuensi tegangan dan arus listrik. Frekuensi ini diperoleh dari kombinasi jumlah putaran dan jumlah kutub listrik pada generator di pembangkit listrik. Pada awal sejarah munculnya listrik, pemahaman terhadap frekuensi tidak seperti yang sekarang ini kita semua pahami. Pada masa itu frekuensi lebih dipahami sebagai banyaknya jumlah perubahan polaritas (alternasi) per menit, akibatnya pada masa tersebut banyak kita temui frekuensi sistem tenaga yang apabila kita ubah ke definisi frekuensi modern akan menghasilkan angka yang tidak lazim, seperti 83 Hz atau 133 Hz.

Hubungan Daya Aktif dan Frekuensi

Menurut prinsip dasar dalam dinamika rotor, ada hubungan antara kopel mekanis penggerak generator dengan perputaran generator, dapat dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$(TG - TB) = M \times \frac{d}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- TG : torsi atau kopel penggerak generator
- TB : torsi atau kopel beban yang membebani generator
- M : momen inersia dari generator beserta mesin

penggeraknya

ω : kecepatan sudut perputaran generator

Karena frekuensi yang dihasilkan generator merupakan sama dengan kecepatan rotornya, sehingga dapat dituliskan dengan :

$$F = \frac{\omega}{2} \dots\dots\dots(2)$$

Hal ini berarti bahwa pengaturan frekuensi sistem merupakan pengaturan dari kopel penggerak generator atau pengaturan daya aktif dari generator. Untuk mesin penggerak generator, pengaturan frekuensi sistem dilakukan dengan pengaturan pemberian bahan bakar pada unit termis. Sedangkan untuk sistem beban, frekuensi akan turun apabila daya aktif yang dibangkitkan tidak mencukupi kebutuhan beban dan sebaliknya frekuensi akan naik apabila ada kelebihan daya aktif dalam sistem. Secara mekanis dengan melihat persamaan (1) dan (2) dinamika frekuensi sistem dalam kaitannya dengan pembangkitan daya aktif dapat dituliskan sebagai berikut :

a. Jika $TG - TB = \Delta T < 0$, Maka $\frac{d\omega}{dt} < 0$, sehingga frekuensi akan turun..... (3)

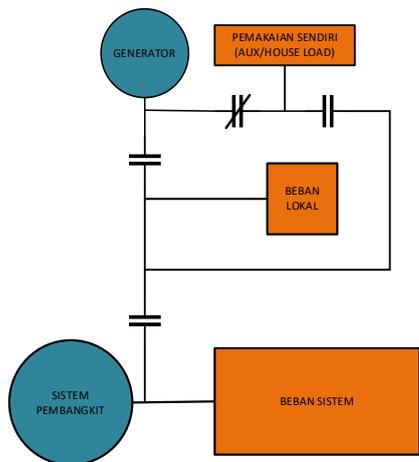
b. Jika $TG - TB = \Delta T > 0$, Maka $\frac{d\omega}{dt} > 0$, sehingga frekuensi akan naik(4)

Namun secara tidak langsung penyediaan daya reaktif dapat pula mempengaruhi frekuensi sistem, karena penyediaan daya reaktif mempunyai pengaruh besar terhadap kenaikan tegangan, yang selanjutnya dapat menyebabkan kenaikan beban daya aktif. Namun pengaturan frekuensi sistem lebih dominan kaitannya dengan penyediaan daya aktif.

House Load Operation Mode Pada Pembangkit

House Load Operation Mode adalah mode operasi pembangkit dimana pembangkit tersebut mampu melepaskan dirinya dari sistem serta mempertahankan kondisi pembangkitnya untuk tidak mati dan tetap mampu menyuplai kebutuhan daya listrik pemakaian sendiri, saat

terjadi gangguan *under/over frequency* pada sistem.



Gambar 2.2 Konfigurasi *House Load* Pada Pembangkit

METODE PENELITIAN Diagram Alir Penelitian

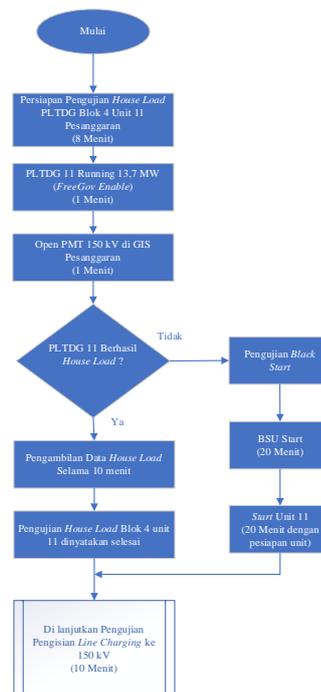
Tahapan pelaksanaan tugas akhir ini dilakukan berdasarkan diagram alir pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Metode : Kuantitatif, Studi Literatur
Metode Pengambilan Data, Metode Analisa
Data

Diagram alir Pelaksanaan Pengujian



Gambar 3.3 Diagram Alir Pelaksanaan Pengujian

PEMBAHASAN

Proses Terjadinya Pengujian *House Load*

Proses pengujian di bagi menjadi 3 tahapan.

1. Pengujian *House Load*

Kondisi *house load* adalah kondisi awal yang harus mampu pembangkit lakukan ketika terjadi *blackout*. Kondisi ini akan terjadi apabila suatu sistem jaringan mengalami gangguan. Biasanya gangguan yang dapat menyebabkan unit dalam kondisi *house load* adalah gangguan akibat *under/over* frekuensi. Ketika sistem jaringan mengalami gangguan yang menyebabkan PMT 150 kV lepas, maka pembangkit harus tetap dalam keadaan operasi meskipun terlepas dari jaringan 150 kV. Waktu yang dibutuhkan untuk unit melakukan pengujian *house load* mulai dari persiapan dan pengambilan data adalah selama 20 menit.

2. Pengujian *Black Start*

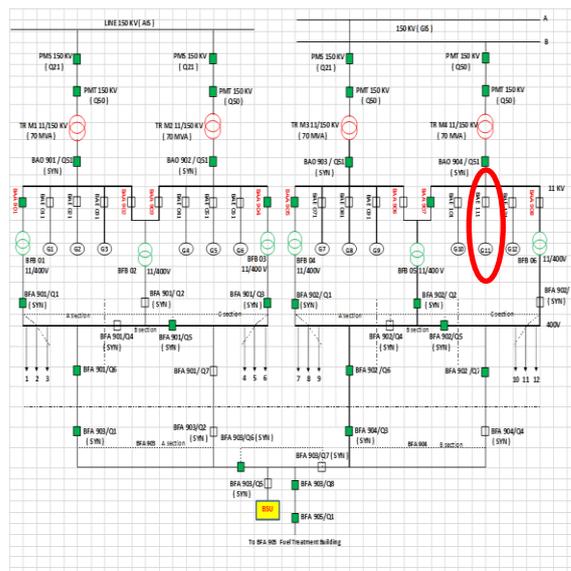
Kondisi *blackstart* akan dilakukan apabila pembangkit tidak mampu melakukan *house load*. Kondisi ini memerlukan waktu yang cukup lama untuk proses *recovery blackout*, karena unit pembangkit harus di operasikan dari keadaan awal. Unit harus menunggu *supply* dari *auxillary* untuk mendapatkan *supply* ke peralatan-peralatan *auxillary* pembangkit seperti *compressor*, pompa *feeder*, pompa *thermal*, breaker, separator, dll. Untuk mendapatkan *supply auxillary*, maka harus mengoperasikan *Black Start Unit (BSU)* selama 5 menit untuk dapat mengisi *auxillary* sistem pembangkit. Sesudah peralatan *auxillary* mendapatkan *supply*, unit di operasikan

3. Pengujian *Line Charging* 150 kV

Kondisi ini hanya menunggu saat unit sudah siap baik dalam keadaan *house load* atau *black start*. Proses ini dilakukan agar kondisi jaringan mendapatkan tegangan untuk memikul beban sistem. Unit akan dikatakan berhasil *house load* apabila pengujian berhasil sampai tahap ini. Jika terjadi gangguan pada tahap ini, maka unit dikatakan gagal dalam proses pengujian *house load* dan harus dilakukan proses pengujian ulang. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengisian *line charging* adalah selama 10 menit.

Mekanisme Pengujian *House Load Operation Mode*

Secara umum, penelitian ini mempusatkan pada pembangkit unit 11 PLTDG Pesanggaran. Pembangkit tersebut terkoneksi pada jaringan GI Pesanggaran melalui jaringan 150 kV seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Single Line Diagram* PLTDG Pesanggaran

(Sumber: Arsip, PT Indonesia Power Bali PGU)

Pelaksanaan Pengujian *House Load Operation Mode*

Adapun mekanisme uji *house load* adalah sebagai berikut :

1. Uji *house load* dilakukan dengan melepas PMT 150 kV Trafo Blok 4 di GIS Pesanggaran dengan *trigger Under Frekuensi Relay (UFR)*. Karena frekuensi tersebut berada di bawah setting *under frekuensi*, maka akan memberikan logika sinyal output untuk melepas PMT 150 kV.
2. Setelah PMT 150 kV lepas, maka breaker PMT 11 kV (BAO904) di unit akan lepas.
3. Akibatnya, beban PLTDG Unit 11 akan beroperasi dengan *house load operation mode* akan turun mendadak dari beban 13.7 MW (*Governor Free On*) menjadi 300-400 kW).
4. Ketika sinyal output tersebut aktif untuk membuka CB BAO904, kemudian akan memberikan logika sinyal output untuk mengaktifkan *house load operation mode* pada PLTDG 11.
5. Kondisi *house load* harus dipertahankan sesuai dengan permintaan dispatcher UP2B untuk selanjutnya mengisi *line charging* 150 kV agar kondisi jaringan bertegangan sehingga dapat membantu beban sistem.

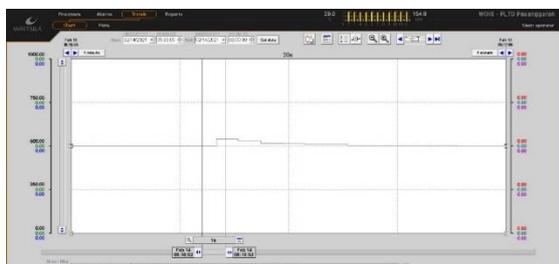
- Pengujian *house load* dinyatakan berhasil jika unit PLTDG 11 tidak mati dan tetap mampu menyuplai listrik pemakaian sendiri selama 10 menit dengan parameter operasi yang normal.

Hasil dan Analisa Pengujian *House Load*

Berikut hasil data yang berhasil dikumpulkan saat pengujian. Data-data tersebut di ambil langsung dari tampilan HMI WOIS PLTDG Pesanggaran seperti pada gambar-gambar berikut. Dari hasil data pengujian yang telah disajikan kemudian dilakukan analisis hubungan parameter.



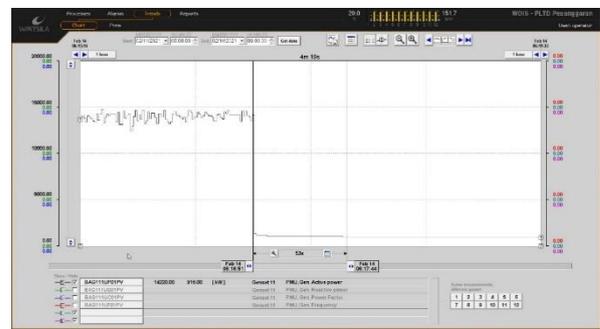
Gambar 4.2 Frekuensi Terhadap Waktu
(Sumber: Sistem HMI WOIS PT IP Bali PGU)



Gambar 4.3 Kecepatan Generator Terhadap Waktu
(Sumber: Sistem HMI WOIS PT IP Bali PGU)

Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan hubungan antara parameter frekuensi dan kecepatan generator terhadap waktu. Dari gambar terlihat saat t ke 16 detik, dimana *house load operation mode* mulai terjadi, yang juga berarti bahwa beban generator mulai lepas, terjadi kenaikan frekuensi dan generator yang cukup signifikan. Terjadi peningkatan frekuensi generator hingga mencapai titik tertinggi sebesar 53,99 Hz, disisi lain, terjadi kecepatan generator meningkat hingga mencapai 540 rpm. Kedua nilai tersebut terjadi pada waktu yang sama yakni pada t ke 16

detik saat kejadian. Hal ini sejalan dengan persamaan (4). Disebutkan bahwa, secara teori jika beban generator lepas secara tiba-tiba ($TB = 0$), maka TG akan sama dengan delta T yang nilainya akan lebih besar dari 0, sehingga $\frac{d\omega}{dt}$ juga akan bernilai lebih dari nol atau positif. Dengan kata lain, nilai frekuensi, yang nilainya berbanding lurus dengan nilai ω sesuai dengan persamaan (2), juga akan ikut naik. Begitu juga dengan kecepatan generator (rpm) yang berbanding lurus dengan frekuensi, juga akan naik seperti pada gambar 4.3. Setelah itu, frekuensi dan kecepatan generator kembali keadaan semula. Pada saat itulah, pengatur mekanis bahan bakar (*governor*) akan bekerja untuk menyeimbangkan kembali kecepatan generator sehingga frekuensi dan kecepatan generator kembali stabil pada nilai nominalnya, yaitu 50 Hz pada 500 rpm. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk kembali stabil tergantung pada kemampuan dan respon kontrol *governor*. Nilainya bisa berbeda-beda tergantung dari desain. Kenaikan frekuensi generator tersebut masih dalam batas aman karena tidak menyentuh batasan seting *over frekuensi trip* yang berada pada nilai 55 Hz. Jika *governor* gagal mengatur kenaikan frekuensi sehingga nilainya melebihi setingan tersebut, maka secara otomatis unit akan *trip* dan mekanisme *house load operation mode* akan gagal, yang berarti unit pembangkit akan padam total. Berikut adalah data selanjutnya yang disajikan dalam gambar 4.4 dan gambar 4.5.



Gambar 4.4 Daya Aktif Generator Terhadap Waktu
(Sumber: Sistem HMI WOIS PT IP Bali PGU)



Gambar 4.5 Daya Reaktif Generator Terhadap Waktu
(Sumber: Sistem HMI WOIS PT IP Bali PGU)

Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan hubungan antara daya aktif (MW) dan daya reaktif (MVAR) generator terhadap waktu (detik). Pada gambar 4.4, terlihat bahwa pada saat t ke 16 detik, dimana *house load operation mode* mulai terjadi, beban generator langsung turun secara drastis, dari 14,2 MW menjadi 0,9 MW. Sedangkan pada gambar 4.5, terlihat terjadi penurunan drastis pada nilai daya reaktif generator dari 2.945 MVAR ke 0.305 MVAR. Penurunan kedua nilai tersebut terjadi secara instan, bersamaan dengan terjadinya sinyal *house load operation mode*. Titik terendah penurunan ini sebetulnya bergantung pada beban pemakaian listrik sendiri (*auxiliary*) yang terpasang pada pembangkit. Hal ini seperti yang di bahas pada bab 2.9, dimana dijelaskan bahwa pada saat terjadinya *house load operation mode*, unit pembangkit akan menyuplai kebutuhan daya listrik pemakaian sendiri. Pada PLTDG Blok 4 Unit 11 Pesanggaran, nilai kebutuhan listrik pemakaian sendiri berkisar pada angka 74 kW. Jika pada suatu unit pembangkit mempunyai pemakaian sendiri yang lebih besar, maka pada saat terjadi *house load operation mode*, beban generator akan menyesuaikan pada hal tersebut. Selanjutnya adalah data tegangan keluaran generator terhadap waktu di sajikan dalam gambar 4.6. Pada gambar 4.6 menunjukkan hubungan antara tegangan keluaran generator terhadap waktu. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa pada saat terjadi *house load operation mode* pada t ke 16 detik, terjadi kenaikan pada generator dari 10.85 kV menjadi 12.25 kV. Kenaikan tegangan ini terjadi akibat generator yang kehilangan beban secara mendadak sehingga arus *eksitasi* pada generator sedikit

berlebih. Namun setelah itu, secara langsung pengatur tegangan otomatis (*Automatic Voltage Regulator/AVR*) bekerja untuk menurunkan tegangan menuju tegangan nominal generator, yakni pada nilai $\pm 11,00$ kV. Dari kajian beberapa parameter yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dikatakan bahwa pengujian *house load operation mode* pada PLTDG Pesanggaran berhasil dengan baik. Dimana saat sinyal gangguan diberikan, unit pembangkit mampu membaca dan memberikan respon yang sesuai, yakni dengan melepaskan diri dari sistem jaringan luar dan menyuplai kebutuhan listrik pemakaian sendiri tanpa mengalami trip.

Analisa Pengujian House Load

Tabel 4.1 Data Gangguan *Blackout* PLTDG Pesanggaran

No	Waktu Kejadian	Penyebab	Kehilangan Beban (MW)	Lama Penanganan
1	5 Sept 2018	Gangguan Luar <i>Under Frekuensi</i>	260,2	4,28 Jam
2	19 Juli 2020	Gangguan Luar Akibat Layang-layang	161	1,87 Jam

Dari tabel di atas terlihat bahwa semua gangguan menyebabkan unit *trip* sehingga generator kehilangan MW hingga menjadi (0). Sedangkan untuk pengujian *house load*, beban generator tertahan di sekitar 0,9 MW, yang merupakan beban listrik pemakaian sendiri pada pembangkit. Pada sistem unit pembangkit PLTDG Blok 4 Unit 11 Pesanggaran, pada saat pengujian *house load* dan *line charging* hanya memerlukan waktu 30 menit untuk kembali ke proses normal. Sedangkan waktu penanganan pada saat terjadi *blackout* berkisar dari 1,87 jam sampai 4,28 jam. Hal ini berarti jika dibandingkan dengan total waktu tunggu yang diperlukan saat unit *trip*, maka *house load operation mode* dapat mempercepat waktu unit pembangkit untuk kembali menyuplai listrik ke jaringan. Percepatan waktu tersebut dapat dikalkulasi dalam satuan persen (%) dengan cara sebagai berikut:

$$\% \text{ Waktu tunggu} = \frac{|\text{Waktu tunggu gangguan} - \text{Waktu tunggu house load}|}{\text{Waktu tunggu gangguan}} \times 100 \%$$

Sebagai contoh perhitungan pada gangguan 1, maka :

$$\begin{aligned} \text{Percepatan waktu tunggu (\%)} &= \frac{\text{waktu tunggu gangguan} - \text{waktu tunggu house load}}{\text{waktu tunggu gangguan}} \\ &= \frac{4,28 \text{ jam} - 0,5 \text{ jam}}{4,28 \text{ jam}} \\ &= 88,31\% \\ \text{\% Waktu tunggu} &= \frac{|\text{Waktu tunggu gangguan} - \text{Waktu tunggu house load}|}{\text{Waktu tunggu gangguan}} \times 100\% \\ &= \frac{4,28 \text{ jam} - 0,5 \text{ jam}}{4,28 \text{ jam}} \times 100\% \\ &= 88,31\% \end{aligned}$$

Untuk data gangguan lainnya di tampilkan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4.3 Perbandingan Percepatan Waktu Tunggu

Jenis	Waktu Tunggu (Jam)	Percepatan Waktu Tunggu (jam)	Percepatan Waktu Tunggu (%)
Gangguan 1	4,28	3,78	88,31
Gangguan 2	1,87	1,37	73,26
House Load	0,5		

Dari tabel di atas dapat dikatakan bahwa *house load operation mode* pada PLTDG Blok 4 Unit 11 Pesanggaran mampu mempercepat kinerja waktu tunggu unit pembangkit untuk dapat kembali menyuplai listrik ke jaringan hingga mencapai 88,31%, setelah unit tersebut lepas dari jaringan akibat adanya gangguan jaringan listrik eksternal. Sehingga pengujian *house load operation mode* mampu meningkatkan efisiensi sebesar 15,05%.

Pelaksanaan Pengujian Pengisian *Line Charging* 150 kV

Setelah unit berhasil dinyatakan *house load*, maka selanjutnya adalah pengujian pengisian *line charging* ke 150 kV. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam pengujian.

1. Ketika tegangan 150 kV kosong, koordinasi dengan UP2B bahwa kondisi line 150 kV kosong dan unit di PLTDG Blok 4 siap melakukan *line charging* ke Sistem
2. Koordinasi dengan UP2B dan PLN ULTG Bali Selatan untuk memasukan HVCB 150 kV PLTDG Blok 4 (GIS Pesanggaran)
3. *Close* HV CB 150 kV PLTDG Blok (GIS Pesanggaran)

4. Koordinasi dengan UP2B untuk pengaturan pembebanan unit pada beban 3000 kW. Pada saat proses *close* HV CB 150 kV PLTDG Blok 4 (GIS Pesanggaran), proses tersebut gagal dilakukan. Berikut adalah alarm yang muncul pada saat proses terjadinya pengisian tersebut.

- BAO 904 Trip By HV CB 150 kV

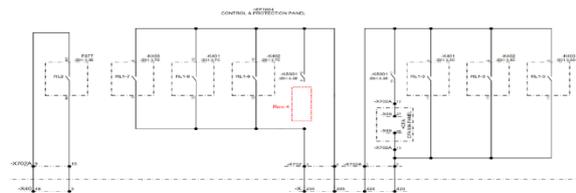
Analisa Kegagalan Pengisian *Line Charging* 150 kV

Saat terjadi indikasi tersebut, tindakan yang dilakukan operator adalah melakukan *jumper* sinyal HV CB *open* dari GIS Pesanggaran ke PLC breaker MV 11 kV. Tujuannya agar HV CB bisa *close*, hal tersebut berhasil dilakukan. Selanjutnya dilakukan beberapa pengujian kembali.

- Pengujian pertama gagal dilakukan, dengan indikasi “Relay *under voltage* kerja, Teg 3,9 kV”.
- Dilakukan pengujian kedua dengan membuat relay *under voltage disable*. Pengujian berhasil. Kemudian dilakukan ke 3 dan ke 4 dengan tujuan memastikan penyebab kegagalan tersebut.
- Hipotesa sementara untuk dilakukan pengujian pada sinyal Open HV CB 150 kV dan pengecekan relay *under voltage*.

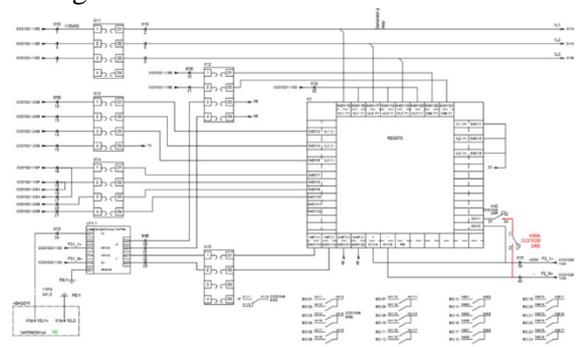
Rekomendasi Akibat Kegagalan Pengisian *Line Charging* 150 kV

Dari hasil analisa yang dilakukan di atas, ada dua permasalahan utama yang menyebabkan gagalnya pengisian *line charging* ke 150 kV, yaitu permasalahan pada sinyal OPEN HV CB 150 kV dari GIS Pesanggaran ke PLC PLTDG Pesanggaran dan pada relay *Under Voltage* Generator. Pada *wiring* ditemukan PMT 150 kV *interlock* dengan PMT 11 kV. Oleh karena itu, direkomendasikan untuk mengubah *wiring* pada PMT 150 kV di GIS Pesanggaran agar tidak *interlock* dengan PMT 11 kV. Berikut gambar *wiring* hasil modifikasi tersebut.



Gambar 4.7 Wiring PMT 150 kV Setelah Modifikasi

Selain permasalahan di *interlock* 150 kV dan BAO 904 11 kV, permasalahan kedua adalah di proteksi *under voltage* pada breaker 11 kV. Oleh karena itu dilakukan modifikasi pada proteksi *under voltage* breaker 11 kV. Berikut gambar wiring hasil modifikasi tersebut.



Gambar 4.8 Wiring Under Voltage 11 kV Setelah Modifikasi

Analisa Keekonomian House Load

Analisa keekonomian bertujuan untuk menghitung secara nominal potensi keuntungan yang bisa didapat atau potensi kerugian yang dapat dihindari oleh pembangkit listrik setelah diterapkannya *house load operation mode*.

Analisa Kerugian Saat Blackout

Untuk membandingkan seberapa optimal penerapan *house load* di suatu pembangkit, maka perlu membandingkan apabila dalam suatu unit tidak ada penerapan *house load* saat terjadi *blackout*. Untuk ini berikut di ambil data ketika gangguan *blackout* PLTDG/PLTG Unit Pesanggaran pada tanggal 05 September tahun 2018.

Perkiraan Kerugian

- Perkiraan kerugian tidak operasi PLTDG selama 4,28 jam atau setara dengan $260.200 \text{ kW} \times 4.28 \text{ jam} = 1.113.656 \text{ kWh}$
- Besar perhitungan jumlah kerugian (Rp) pada PLTDG Pesanggaran :
 $= 1.113.656 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 1508 \text{ kWh}$
 $= \text{Rp. } 1.679.393.248$

Analisa Biaya Start Up

Biaya *start up* adalah seluruh biaya yang digunakan pada saat unit pembangkit melakukan *start up* unit guna bisa melakukan suplai listrik kepada pelanggan kembali. Berikut adalah biaya *start up* unit PLTDG Pesanggaran ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 4.4 Komponen *Start Up* PLTDG Pesanggaran

Data		#1	#2	#3	#4
Item	Satuan				
Pemakaian Energi Listrik	kWh	160.00	160.00	160.00	160.00
Bahan Bakar HSD	liter	225.00	225.00	225.00	225.00
Harga Rp/kWh	2467				
Harga BBM Rp/kWh	9833				

Dari tabel di atas, dapat dihitung biaya pemakaian energi listrik untuk *start up* :

$$= \text{Pemakaian energi listrik} \times \text{Harga Rp/kWh}$$

$$= 160.00 \times \text{Rp. } 2466,78$$

$$= \text{Rp. } 394.685$$

Karena unit PLTDG terdiri dari 4 Blok, maka pemakaian energi listrik untuk *start up* adalah :

$$= 4 \times \text{Rp. } 394.685$$

$$= \text{Rp. } 1.578.740$$

Selanjutnya, dapat dihitung biaya pemakaian bahan bakar untuk *start up*:

$$= \text{Pemakaian Bahan Bakar} \times \text{Harga BBM}$$

$$\text{Rp/kWh} \times \text{Jumlah Unit}$$

$$= 225.00 \times \text{Rp. } 9833 \times 4 = \text{Rp. } 8.849.700$$

Sehingga total biaya yang dikeluarkan untuk *start up* adalah :

$$\text{Biaya pemakaian kWh} + \text{Biaya Pemakaian BBM}$$

$$= \text{Rp. } 1.578.740 + \text{Rp. } 8.849.700$$

$$= \text{Rp. } 10.428.440$$

Analisa Biaya Black Start Unit (BSU)

Besar perhitungan jumlah kerugian biaya pemakaian BSU adalah :

$$= \text{Jumlah Konsumsi BBM} \times \text{Harga BBM}$$

$$(\text{Rp/Lit})$$

$$= 100 \times \text{Rp. } 9833$$
$$= \text{Rp. } 983.300$$

Dengan catatan bahwa pemakaian BSU dilakukan pada beban penuh selama unit mengalami waktu *trip* hingga unit tersambung ke jaringan.

Potensi Keuntungan Ekonomi Penerapan House Load

Dari analisa yang dilakukan pada bagian sebelumnya, maka dapat dihitung total potensi keuntungan yang dapat diperoleh jika PLTDG Pesanggaran jika menerapkan *House Load Operation Mode*, adalah :

$$\text{Biaya selama unit tidak beroperasi saat Blackout} \\ + \text{Biaya Start Up} + \text{Biaya BSU}$$
$$= \text{Rp. } 1.679.393.248 + \text{Rp. } 10.428.440 + \text{Rp. } 983.300$$
$$= \text{Rp. } 1.690.804.988$$

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada bab sebelumnya, diperoleh beberapa kesimpulan, diantaranya :

1. Proses terjadinya *house load* di PLTDG Pesanggaran dilakukan dengan beberapa pengujian yaitu dengan pengujian *house load*, *blackstart* dan *line charging* 150 kV.
2. Proses pengujian *house load* dilakukan dengan dengan melepas PMT 150 kV Trafo Blok 4 di GIS Pesanggaran dengan *trigger Under Frekuensi Relay* (UFR). Karena frekuensi tersebut berada di bawah setting *under frekuensi*, maka akan memberikan logika sinyal output untuk melepas PMT 150 kV, selanjutnya unit melakukan *line charging* untuk mengisi tegangan 150 kV di jaringan.
3. Dari beberapa pengujian *Line Charging* di PLTDG Blok 4 Unit 11 Pesanggaran, ada salah satu yang gagal dilakukan karena adanya *interlock wiring diagram* antara PMT 150 kV dan *Breaker* BAO 904 11 kV dan permasalahan di sistem

proteksi *under voltage*. Sehingga direkomendasikan untuk melakukan perbaikan perubahan *wiring diagram*.

4. Pengujian *House Load* di PLTDG Blok 4 Unit 11 Pesanggaran berhasil dilakukan dengan waktu 30 menit dari unit kehilangan tegangan jaringan 150 kV sehingga *house load operation mode* pada unit pembangkit PLTDG Blok 4 Unit 11 Pesanggaran secara teknis dapat memberikan keuntungan dengan mempercepat efisiensi waktu sinkron kembali ke jaringan antara 73,26% hingga 88,31% menghasilkan efisiensi sebesar 15,05%.
5. Selain dapat meningkatkan kehandalan penyaluran sistem tenaga listrik, penerapan *house load operation mode* pada unit pembangkit PLTDG Blok 4 Unit 11 Pesanggaran dapat memberikan potensi keuntungan ekonomis sebesar Rp. 1.690.804.988.,

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan pada PLTDG Blok 4 Unit 11 Pesanggaran, semoga kondisi ini dapat dipertahankan dan dapat di terapkan pada unit-unit yang lain yang belum melakukan pengujian *house load* dengan memperhatikan beberapa usulan rekomendasi yang sudah dilakukan sehingga pengujian selanjutnya dapat dilakukan dengan berhasil tanpa kegagalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hassan, R.; Abdallah, M.; Marco, F. *Under Frequency Load Shedding : Towards a Smarter Smart House with a Consumer Level Controller*; IEEE Southeastcon, 2011.
- Kurniasari, Yulfikar Rizki (2019). *Pengujian House Load Operation Mode pada Pembangkit Listrik PLTDG Blok 2 UP Muara Karang*. Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Makarov, Y.V.; Reshetov, V.I.; Streov, V.A.; Voropai, N.I. *Blackout in North America*

- and Europe : Analysis and Generalization; IEEE Power Tech.* 2005
- Permana, Dian (2020). *Analisa Gangguan Trip Main Transformator Blok 3 PLTDG Pesanggaran Akibat Kegagalan Sistem Proteksi Restricted Earth Fault*. Universitas Pendidikan Nasional, Denpasar.
- PT. Indonesia Power Bali Power Generation Unit. *Manual Instructions PLTDG*. Wartsila, 2013.
- PT. Indonesia Power Bali Power Generation Unit. *SOP dan Data Pengujian House Load & Black Start Unit 11 PLTDG Pesanggaran*, 2021.
- Roy, A.; Pentayya, P.; Khaparde, SA. *Experience of Blackouts and Restoration Practices in Western Region of India; IEEE Power Engineering Society General Meeting*, 2004.
- Sakti, Bhrama.; A.A Gede Maharta Pelayun.; I Gede Dyana Arjana. *Jurnal Studi Analisis UFR (Under Frequency Relay) Pada Gardu Induk Pesanggaran*. Universitas Udayana, 2019.
- Sistem Proteksi Tenaga Listrik. <http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/74/jbptppolban-gdl-bramantika-36933-bab2--5.pdf>. Politeknik Negeri Bandung.
- Tim Udiklat PLN. 2010. *Transformator Tenaga*. Jakarta: PT. PLN