

ANALISA SISTEM KERJA BLACK START PADA GENERATOR EMERGENCY 1.008 KW DI PT.SEWATAMA SUMBAGUT 2 PEAKER POWERPLANT 250 MW

Muhammad Hassan¹, Zamzami², Nelly Safitri³

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: mhmmhassan15@gmail.com, zamzami@pnl.ac.id, nellysafitri@pnl.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan metode Black Start pada generator set (genset) ialah salah satu upaya peningkatan system back-up pada pembangkit bila terjadi gangguan. Black Start adalah pengoperasian unit saat terjadi gangguan dan keadaan tanpa beban dan supply dari PLN atau FSNL (Full Speed No Load) yang bertujuan untuk mengisi tegangan ke sistem agar sistem tersebut tidak berhenti. Metode black start dalam menangani masalah black out pembangkit dapat mengurangi kerugian akibat gangguan tersebut. Pada saat terjadi black out, generator pada pembangkit akan otomatis berhenti beroperasi dan membuat generator rawan mengalami kerusakan. Pada PT. Sewatama Sumbagut 2 Peaker Power Plant 250 MW Mesin Gas Type 18V50SG, operasi black start pernah dijalankan saat terjadi pemadaman pada tanggal 31-05-2021 selama 5 jam. Tegangan yang terukur pada saat operasi black start berlangsung adalah 400V. Arus pada fasa L1, L2 dan L3 berkisar antara 687A – 777A. Kondisi arus bergantung pada beban tiap fasanya. Semakin besar beban, maka arus semakin kecil, tegangan semakin kecil, sedangkan daya aktif menjadi lebih besar. Frekuensi stabil 50 Hz. Interkoneksi dengan PLN dilakukan via telpon apabila kondisi suplai listrik kembali normal sehingga operasi black start dapat di OFF-kan

Kata Kunci: *Black start, Generator Emergency, Pengeroperasian.*

I. PENDAHULUAN

Listrik pada masa sekarang ini merupakan salah satu sumber energi yang vital bagi kehidupan manusia. Pentingnya listrik dalam kehidupan manusia salah satunya yaitu untuk kegiatan industri. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, diperlukan sumber pembangkit yang cepat, mudah, dan efisien. Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) yang berada di Desa Meriah Paloh Lhokseumawe dibangun oleh Consorium PT Wijaya Karya Persero Tbk, TSK Electronica Y Electrucidad. S. A, Spanyol dan PT. Sumber daya Sewatama. PT. Sumberdaya Sewatama dalam proyek ini bertindak sebagai *Operation* dan *Maintenance*. Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) ini hadir sebagai solusi pemenuhan kebutuhan tenaga listrik di daerah Sumatra Bagian Utara (Sumbagut 2).

Cara kerja pembangkit ini sendiri mirip seperti Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), hanya saja bahan bakar yang digunakan berupa gas. Gas dibakar pada saat piston akan sampai titik mati atas (TMA) sehingga menghasilkan tenaga untuk memutar poros *engine* yang dikopel dengan poros generator untuk membangkitkan energi listrik. Namun dalam pelaksanaannya PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW menghadapi berbagai kendala dan gangguan. Perlu dilakukan evaluasi atas gangguan yang dialami sehingga kinerja PLTMG Sumbagut 2 Peaker MW menjadi efektif dan kerugian dapat diminimalisir.

Pengembangan *Black Start* ialah salah satu upaya peningkatan *system back-up* pada pembangkit bila terjadi gangguan. *Black Start* adalah pengoperasian unit saat

terjadi gangguan dan keadaan tanpa beban dan *supply* dari PLN atau FSNL (*Full Speed No Load*) yang bertujuan untuk mengisi tegangan ke sistem agar sistem tersebut tidak berhenti. Metode *black start* dalam menangani masalah *black out* pembangkit dapat mengurangi kerugian akibat gangguan tersebut. Pada saat terjadi *black out*, generator pada pembangkit akan otomatis berhenti beroperasi dan membuat generator rawan mengalami kerusakan.

Proses *Black Start* dimulai saat terjadinya *black out* tegangan dan kemudian mengaktifkan *Emergency Diesel Generator* (EDG) sebagai sumber utama dari semua perangkat yang bekerja saat generator tanpa beban. Fungsi penggunaan EDG yaitu untuk mensupply beban *essential* (beban yang tidak boleh mati). Menghitung pembebanan pada EDG menjadi hal yang sangat penting untuk menunjang keberhasilan operasi dan mencegah keadaan transien dan beban berlebih yang berakibat pada nilai kestabilan frekuensi EDG.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Pembangkit Tenaga Listrik

Ada banyak jenis dari Pembangkitan Tenaga Listrik yang beroperasi di Indonesia. Secara garis besar, dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar, yaitu Pembangkitan Listrik Termal, dan Pembangkitan Non-Termal. Pusat Listrik Termal adalah pembangkitan tenaga listrik yang melibatkan proses panas (thermal) dalam pembangkitan tenaga listriknya, umumnya tipe

pembangkitan ini membutuhkan bahan bakar yang berasal dari bahan bakar fosil. Pusat listrik tipe ini dapat dibagi lagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap – Batubara (PLTU– Batubara)
2. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)
3. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)
4. Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG)
5. Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU)
6. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB)
7. Pembangkit Listrik Tenaga Gasifikasi Batu Bara (PLTGB)

B. Generator

Generator adalah mesin listrik yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip induksi magnet. Yang dimaksud dengan prinsip induksi magnet adalah saat sebuah konduktor digerakkan pada medan magnet sehingga gerakan konduktor memotong flux magnetik, maka pada konduktor akan timbul tegangan. Sehingga listrik yg timbul dalam siklus: positif-nol-negatif-nol (AC). Generator DC membalik arah arus saat tegangan negatif, menggunakan mekanisme cincin-belah, sehingga hasilnya jadi siklus: positif-nol-positif-nol (DC). Pada engine biasanya digunakan generator AC atau lebih dikenal dengan istilah alternator. Baik pada generator DC maupun AC, konstruksi dasarnya berupa konduktor sebagai penghasil tegangan dan sebuah bagian yang menghasilkan medan magnet. Sebagai representasi dari kedua bagian tersebut, setiap generator pasti memiliki rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang berputar dan stator merupakan bagian yang diam. Pada generator DC, penghasil tegangan adalah rotor sedangkan pada generator AC, baik rotor maupun stator dapat menghasilkan tegangan. Untuk Generator AC dengan rotor sebagai penghasil tegangan, konstruksi hampir sama dengan generator DC hanya saja tegangan yang dihasilkan tidak disearahkan dengan komutator melainkan langsung dialirkan melalui slipring dan arus penguat dialirkan menuju bagian stator. Generator dengan tipe seperti ini biasanya digunakan untuk memasok kebutuhan listrik yang tidak besar. Untuk generator AC dengan stator sebagai penghasil tegangan, arus penguat dialirkan menuju rotor sehingga saat rotor berputar, terjadi medan putar.

Synchronizing generator adalah memparalelkan kerja dua buah generator atau lebih untuk mendapatkan daya sebesar jumlah generator tersebut dengan syarat syarat yang telah ditentukan. Agar relay sinkron dapat bekerja maka dibutuhkan syarat-syarat berikut.

1. Mempunyai tegangan kerja yang sama.
2. Mempunyai urutan phase yang sama.
3. Mempunyai frekuensi kerja yang sama.
4. Mempunyai sudut phase yang sama.

Bilamana salah satu syarat diatas tidak dipenuhi, maka antara kedua system yang diparalelkan akan terjadi selisih-selisih tegangan yang dapat menyebabkan arus-

arus yang cukup besar sehingga dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan pada mesin-mesin. Dalam praktek ada suatu alat yang dapat mengecek ketiga syarat tersebut diatas yaitu yang disebut sinkronoskop. Diantara sinkronoskop dapat disebut dengan sinkronoskop lampu, pengukur volt nol, dan osilograf elektron yang dapat dipergunakan sebagai sinkronoskop.

C. Generator Set

Genset (generator set) adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai generator set dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu engine dan generator atau alternator. Sesuai dengan prinsip kerja generator, yaitu mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, maka diperlukan penggerak untuk memutar rotor generator. Sumber energi mekanik ini dapat berupa turbin uap, turbin air, ataupun motor diesel. Gabungan antara generator dengan penghasil energi mekaniknya disebut dengan generator set. Proses *Starting Emergency* genset merupakan generator cadangan yang dipergunakan hanya dalam keadaan darurat sehingga saat engine berada dalam keadaan normalnya, genset akan berada dalam keadaan *stand by* atau siap diaktifkan sewaktu-waktu. Dalam keadaan darurat, dibutuhkan proses starting genset yang cepat agar tersedia waktu yang cukup untuk melakukan pengback-up pan, pengaktifan generator dapat menghubungi central control room (CCR). [2]

D. Black Start

Black Start adalah proses mengembalikan sebuah pembangkit listrik atau bagian dari sistem kelistrikan agar dapat beroperasi kembali, tanpa memerlukan jaringan transmisi listrik eksternal, dan pulih dari mati listrik total ataupun sebagian. *Black-out* (padam total) merupakan keadaan pembangkit listrik yang mengalami gangguan total dan tidak memasok listrik sehingga seluruh beban konsumen tidak dapat terpenuhi. *Black-out* berdampak besar pada kerugian materi maupun non materi. Operasi *black start* dapat meminimalisir dampak dari *black out*. *Black start* merupakan suatu kondisi pengoperasian unit tanpa beban yang bertujuan untuk mempertahankan putaran generator agar tidak keadaan yang lebih parah. Pada kondisi ini generator dalam keadaan FSNL (Full Seed No Load). Pada sistem *black start* ini menggunakan supply utama EDG untuk mempertahankan putaran generator. Kapasitas catu daya black start (EDG) harus memenuhi persyaratan beban listrik berbagai tahap *black start*. Pertama, kapasitas set generator diesel harus cukup untuk memenuhi input dari beban pabrik yang diperlukan untuk start unit tanpa kemampuan start sendiri. Kedua, Sifat generator diesel yang dinamis harus tetap memenuhi *start-up* untuk menurunkan fluktuasi tegangan dan frekuensi yang disebabkan oleh input dari beban yang berat.

FNSL (*Full Speed No Load*) merupakan satu kondisi generator berputar secara penuh namun tidak men-suply beban. Dalam artian generator berputar dengan bantuan *motor prime over*. Hal ini bertujuan untuk mempercepat proses starting saat kondisi sistem mulai berjalan.

E. Generator Emergency

Generator merupakan perangkat yang mampu menghasilkan daya listrik. Alat ini berfungsi sebagai *back-up* apabila terjadi *black out* dimana tidak ada suplai enegi listrik dari luar untuk peralatan pembangkit. *Generator emergency* atau diebut juga dengan generator berpengerak diesel yang berarti gabungan dari dua komponen yaitu mesin dan *generator*. Mesin bekerja sebagai pemutar sedangkan generator atau alternator bekerja sebagai pembangkit listrik dimana mesin berbahan bakar HSD (*High Speed Diesel*) yang dapat menghasilkan putaran untuk memutar *generator* yang terdiri atas gulungan atau kumparan tembaga yang terdiri dari kumparan rotor (kumparan berputar) dan kumparan stator (kumparan statis). Mesin memutar *generator* sehingga menimbulkan medan magnet pada generator, medan magnet yang ditimbulkan stator dan bertemu dengan rotor yang diputar maka akan menghasikan tenaga listrik. Dalam keadaan normal, listrik yang digunakan oleh pembangkit dipasok dari generatornya sendiri. Namun jika semua generator utama pembangkit mati, maka listrik harus dipasok dari sistem kelistrikan. Namun, dalam kejadian pemadaman listrik, sistem juga tidak mendapat pasokan listrik. Sehingga dalam keadaan seperti ini, diperlukan asut gelap atau *Black Start* untuk memulai ulang pembangkit, agar dapat kembali beroperasi normal.



Gbr 1. Generator Emergency

F. Faktor Daya

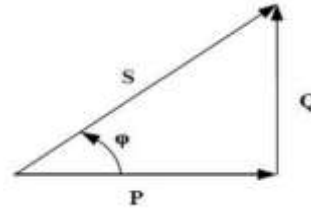
Faktor daya yang sering disebut sebagai $\cos \phi$ didefinisikan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dan daya semu (kVA). Atau sebagai perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian. Adanya nilai faktor daya pada sistem tegangan AC disebabkan adanya beban yang mengalir dan nilainya bergantung oleh karakteristik beban tersebut, rumus faktor daya dapat dilihat pada Persamaan 2.1 , segitiga

daya dapat kita lihat pada Gambar 2.1. (Sumber:Edwin Saputra, 2016)

$$\text{Faktor daya} = \cos \phi = \frac{P(W)}{S(VA)} \quad (1)$$

Keterangan:

- P = Daya aktif (Watt)
- S = Daya semu (Volt Ampere)
- Q = Daya reaktif (Volt Ampere Reaktif)



Gbr 2. Segitiga Daya

G. Hubungan Antara Tegangan Dan Frekuensi Terhadap Beban

Tegangan merupakan beda potensial listrik diantara dua titik dalam rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan volt. Dimana besaran ini mengukur energy potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik . Tahanan / beban merupakan komponen elektronik yang memiliki dua saluran untuk menahan arus listrik dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya . (Sumber:Edwin Saputra, 2016)

$$V = \frac{P}{I_L \times (\cos \phi) \times \sqrt{3}} \quad (2)$$

Keterangan:

- V = tegangan generator
- P = daya
- I_L = arus beban

Frekuensi merupakan jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik atau dapat juga digambarkan dengan banyak gelombang atau getaran listrik yang dihasilkan tiap detik . jika kecepatan perputaran sudut dinyatakan dengan ω , maka frekuensinya akan sama dengan kecepatan sidit dibagi dengan besarnya sudut satu putaran penuh (2π).

$$F = \frac{N \times P}{60} \quad (3)$$

Keterangann:

- F = frekuensi
- N = jumlah kutub
- P = daya aktif

H. UPS (Uninterruptible Power Supply)

Perangkat yang menyediakan cadangan energi ketika terjadi pemutusan arus listrik atau penurunan daya.

Benda ini bereaksi secara cepat sehingga Anda tidak sempat mengalami masalah pada perangkat akibat listrik yang terputus mendadak. Ukurannya beragam, mulai dari yang sebesar motherboard komputer hingga yang membutuhkan ruang penyimpanan khusus.

UPS memiliki komponen sumber energi yang akan terisi penuh ketika dihubungkan pada sumber arus listrik. Ketika pemutusan listrik terjadi, baterai UPS akan menjaga kestabilan arus pada perangkat yang tersambung dengannya. Baterai tersebut memberi cukup cadangan energi untuk mematikan perangkat secara manual sampai Anda menemukan sumber listrik lainnya.

Reaksi UPS setelah pemutusan listrik terjadi cukup cepat. Karena UPS menyediakan daya untuk perangkat di jangkauan lokasinya sambungannya, perusahaan besar mungkin membutuhkan banyak UPS. Akan tetapi, persediaan daya ini biasanya hanya cukup untuk beberapa menit, walau ini juga tergantung kapasitas baterainya. UPS dirancang untuk membantu Anda mematikan perangkat secara manual atau menyambungkannya dengan sumber daya lain yang lebih tahan lama dalam waktu singkat.

I. AVR (Automatic Voltage Regulator)

Generator arus bolak-balik dijalankan dengan cara membangkitkan medan magnitnya dengan arus searah. Sistem penguatan digolongkan menurut cara penyediaan tenaganya. Dalam sistem penguatan mesin searah, dipergunakan sebuah generator searah untuk membangkitkan sumber tenaganya. Untuk ini dipakai sebuah penguat (*exciter*) shunt tunggal atau kombinasi dari penguat utama (*main exciter*) dan pandu (*pilot exciter*). *Main exciter* adalah generator kecil pembangkit arus searah yang digunakan untuk mensupply arus searah ke kumparan rotor generator sinkron. *Pilot exciter* adalah generator kecil pembangkit arus searah yang disalurkan ke main exciter sebagai penguat medan main exciter untuk sistem penguatnya.

Pilot exciter mempunyai penguat medan sendiri seperti magnet permanent atau baterai. Generator arus searah tadi dihubungkan langsung pada poros generator utama atau diputar oleh mesin lain yang terpisah, bergantung pada besarnya putaran generator utama, kemampuan penguatan dan bekerjanya sistem kontrol. Pada sistem eksitasi dengan arus bolak-balik, arusnya disearahkan untuk penguatan. Ada tiga jenis penguatan dengan arus bolak-balik, antara lain:

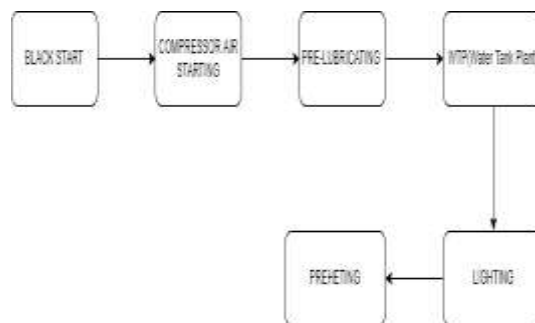
- a. Generator arus bolak-balik dengan eksitasi sendiri, dimana sebagian dari daya arus bolak-balik yang dibangkitkan dipergunakan untuk eksitasi.
- b. Generator arus bolak-balik tanpa sikat, dimana arus bolak-balik dari generator yang dipergunakan sebagai eksitasi disearahkan dengan penyearahan (atau *rectifier*) pada rotor generator utama, langsung dialirkan pada lilitan penguat magnet tanpa menggunakan *slipring*.

- c. Generator arus bolak-balik majemuk (*compound*) dengan eksitasi sendiri.

III. METODOLOGI

A. Blok Diagram

Blok diagram merupakan gambaran dasar mengenai sebuah sistem perencanaan yang akan di rancang. Setiap blok sistem memiliki cara kerja dan fungsi nya masing-masing. Berikut merupakan perancangan blok diagram keseluruhan sistem yang telah peneliti rancang.



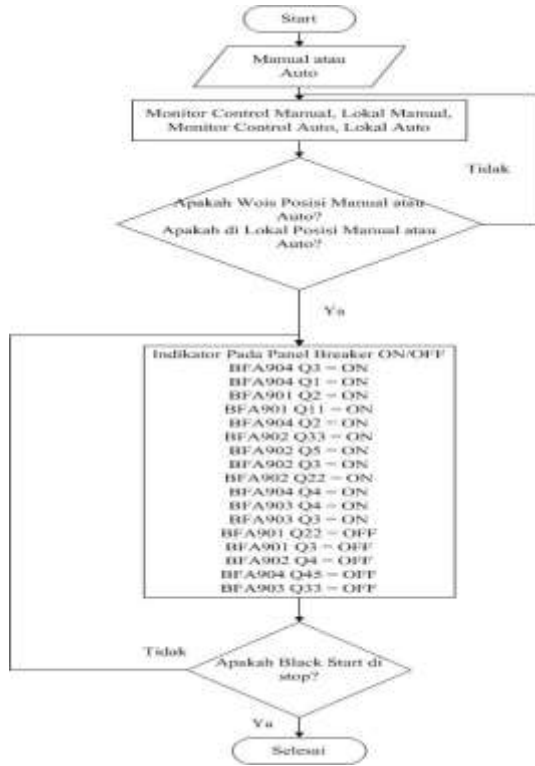
Gbr 3. Blok Diagram

Penjelasan lengkap blok diagram di atas adalah sebagai berikut:

- a. *Black Start*
Black start adalah proses mengembalikan sebuah pembangkit listrik atau bagian dari sistem kelistrikan agar dapat beroperasi kembali, tanpa memerlukan jaringan transmisi listrik eksternal, dan pulih dari mati listrik total ataupun sebagian.
- b. *Compressor Air Starting*
Alat untuk menstart awal *engine*, alat ini juga digunakan untuk mengisi air bottle, saat air bottle bertekanan 26 bar, kompresor akan otomatis menyala untuk mengisi air bottle sampai 30 bar dan ketika tekanan air bottle sudah mencapai 30 bar otomatis kompresor akan mati secara otomatis.
- c. *Pre-lubricating*
Pre-lubricating Adalah sistim pada engine diesel yang dapat merawat kerja diesel *engine* agar dapat berumur panjang, dengan memberikan pelumasan pada bagian-bagian *engine* yang saling bergerak/mengalami gesekan.
- d. *WTP (Water Treatment Plant)*
(WTP) atau Instalasi Pengolahan Air (IPA) adalah sistem atau sarana yang berfungsi untuk mengolah air dari kualitas air baku (*influent*) terkontaminasi untuk mendapatkan perawatan kualitas air yang diinginkan sesuai standar mutu atau siap untuk di konsumsi.
- e. *Lighting*
Disini *lighting* berfungsi untuk menerangi seluruh area pambangkit.
- f. *Preheating*
Preheating adalah pemanasan awal sebelum *engine start*. *Preheating* bertujuan untuk memanaskan air HT

menuju temperatur >50°C sebelum engine start yaitu dengan memanfaatkan panas pada *elemen heating* yang di sirkulasi oleh sebuah pompa dan dibantu oleh sebuah *check valve/non return valve* sebagai pengaman laju aliran sehingga air yang sudah panas mengalir menuju kearah yang benar.

B. Aliran Proses



Gbr 4. Saat Breaker ON & OFF

C. Spesifikasi Black Start

Spesifikasi Black Start dapat dilihat pada table 1. Black Start beroperasi pada Generator set dengan daya terpasang 1,008 KW, Frekuensi 50 HZ dan tegangan 400V.

TABEL I
Spesifikasi Black Start

ENGINE	GENERATOR
Merk: Mitsubishi Diesel Engine	Made IN SPAIN
Memiliki 12 silinder model 6V	Frekuensi 50 HZ
Model S12R-PTA	400/230V PA
Serial no.D2609	Serial NO : 191000197
Rated output 1190	Manufacture Date: 11/01/19
Rated speed 1500	Rated Power: 1.008,0 KW
	Rated Power Factor : 0,8 Cos f
	Current 1818,7/3162,9 A
	Weight 10.500 kg
	Temperature of ref 250 C
	Dimensions 4,45x2.05x2.33m

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Black Start Berlangsung

Metode black start (berdasarkan kasus nyata) adalah sebagai berikut:

1. Baterai cair (accu) 26 Volt menyalakan generator diesel yang dipasang di PLTMG.
2. Listrik yang dihasilkan generator diesel kemudian digunakan untuk mengoperasikan PLTMG.
3. Jalur transmisi ke pembangkit lain mulai dialiri listrik.
4. Listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik pemikul beban dasar kemudian digunakan untuk menyalakan kembali pembangkit lain yang ada di dalam sistem kelistrikan.
5. Menghidupkan komponen-komponen yang tidak boleh mati di engine.

B. Interkoneksi Jaringan di PT. SEWATAMA

Perencanaan Sistem Interkoneksi Jaringan Listrik Kabel Bawah Laut di Propinsi Maluku Interkoneksi adalah keterhubungan antar-jaringan telekomunikasi dari penyelenggara jaringan telekomunikasi yang berbeda. Interkoneksi antar-operator telekomunikasi wajib dilaksanakan di sebuah perusahaan untuk memberikan jaminan kepada pengguna agar dapat mengakses jasa telekomunikasi. Jenis layanan interkoneksi terdiri dari: layanan originasi, layanan transit, dan layanan terminasi. Setiap penyelenggara jaringan telekomunikasi (tetap lokal, bergerak seluler, atau bergerak satelit) wajib mencantumkan setiap jenis layanan interkoneksi yang disediakan dalam Dokumen Penawaran Interkoneksi (DPI). Interkoneksi antar-penyelenggara telekomunikasi diatur dengan. Sistem interkoneksi tenaga listrik merupakan suatu sistem yang terdiri dari beberapa pusat pembangkit listrik dan beberapa gardu induk (GI) yang saling terhubung antara satu dengan yang lain melalui sebuah saluran transmisi dan melayani semua beban yang ada pada gardu induk yang terhubung ke sistem distribusi. Pada PT.Sewatama interkoneksi dengan jaringan PLN dilakukan dengan cara koordinasi komunikasi (via telpon) dari PLN kepada pihak PT.Sewatama.[1]

C. Arus, Tegangan, Frekuensi dan Daya Generator Emergency Saat Beroperasi

Generator back up dengan operasi black start menyulut tegangan baterai pada tegangan ± 26V dan mempertahankan posisi pengisian baterai pada tegangan ± 28V, daya tekanan oli pada engine sebesar 3.3 bar dan kecepatan engine ±1500 rpm. Kondisi parameter arus,tegangan,daya dan frekuensi, saat black start beroperasi dapat dilihat rinciannya pada table pada lampiran dan single line diagram dapat dilihat pada lampiran data operasi black start yang diambil jangka waktu 5 jam kondisi saat on (13.00 – 17.00) pada tanggal 31-5-2021 selama 5 jam tersebut, arus pada fasa L1, L2 dan L3 berkisar antara 687A – 777A. Kondisi arus

bergantung pada beban tiap fasanya. Semakin besar beban, maka arus semakin kecil, tegangan semakin besar. Sedangkan daya aktif menjadi lebih besar. Frekuensi stabil di ± 50 Hz. Bisa dilihat di lampiran 1 arus yang terukur per fasanya (L1,L2,danL3) menunjukkan trendperubahan beban selama 5 jam pengoperasian generator back up dengan operasi black start (Gambar 5) demikian juga dengan daya aktif (KW) dan reaktif (kvar) yang terukur selama 5 jam pengeroperasian enerator back up dengan operasi black start (Gambar 6). Terlihat trend bahwa daya reaktif lebih besar dari pada daya aktif.

Daya aktif yang dapat dimanfaatkan oleh beban, diubah menjadi kerja atau panas sedangkan daya reaktif dipergunakan untuk pembangkitan fluks pada belitan generator untuk keperluan membangkitkan tegangan induksi. Daya reaktif ini sangat diperlukan untuk mengatur tegangan pendorong arus ke beban, tetapi dipihak beban dapat timbul daya reaktif karna beban bersifat induktif sehingga perlu dibatasi atau di tiadakan dengan kompensasi kapasitif.



Gbr 5. Grafik Arus Fasa



Gbr 6. Grafik Daya Terukur

V. KESIMPULAN

1. Operasi black start dijalankan secara manual dan otomatis bisa hidup selama tidak ada suplai listrik dari PLN atau black out, menghidupkan black start secara manual bisa diengkol. Sementara secara otomatis dengan menekan switch yang ada di panel yang berada di CCR.
2. Dari hasil yang terekam selama black out tanggal 31-05-2021, terjadi pemadaman selama 5 jam, Operasi black start pada generator back up berlangsung untuk menyuplai penerangan, pre-lube, WTP, compressor, preheating, karena komponen-komponen tersebut bersifat urgent dan memerlukan suplai listrik terus menerus.
3. Pada saat generator back up beroperasi dengan sistem black start, besarnya arus fasa (L1, L2 dan L3) yang terukur tergantung dari pada besar beban yang disuplai. Sedangkan daya yang terukur (daya aktif / Kw dan daya reaktif / KVAR) menunjukkan trend daya reaktif lebih besar dari pada daya aktif. Hal ini terjadi kemungkinan karna beban yang disuplai lebih bersifat induktif.
4. Interkoneksi dengan PLN dilakukan via telpon apabila kondisi suplai listrik kembali normal sehingga operasi black start dapat di OFF kan.

REFERENSI

- [1] Johanis T, Hasanah RN, dan Suyono H., 2015, **Perencanaan Sistem Interkoneksi Jaringan Listrik Kabel Bawah Laut di Propinsi Maluku.**
- [2] Edwin S., 2016, **Studi Sistem Sinkronisasi Generator Secara Otomatis Di PT. Pertamina (Persero) RU III Plaju, PhD Thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya.**