

# Simulasi Sistem *Backup* Otomatis Kerja *Emergency Diesel Generator (EDG)* saat Kondisi *Blackout* pada PLTGU Tanjung Uncang 120 MW

Jhon Hericson Purba<sup>1</sup>, Irwanto Zarma Putra<sup>2</sup>, Lukman Al Hakim<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam, Batam  
Jl. Ahmad Yani, Teluk Tering, Kec. Batam Kota, Kepulauan Riau 29461

<sup>1</sup>jhonhericson@polibatam.ac.id

<sup>2</sup>irwanto@polibatam.ac.id

<sup>3</sup>fazahakim054@gmail.com

**Intisari** — Sistem kelistrikan yang baik adalah sistem yang dapat terjaga keberlangsungannya tanpa mengenal waktu. Oleh sebab itu kelancaran suplai daya merupakan kunci utama dari keandalan suatu sistem kelistrikan. Hal ini dikarenakan peralatan listrik merupakan peralatan yang rentan terkena kerusakan saat dimatikan tanpa mengikuti standar operasional prosedur yang diberikan oleh perusahaan yang memproduksinya. Untuk mendapatkan suplai daya secara berkelanjutan pada saat terjadi kondisi darurat, maka *backup* sistem kelistrikan harus segera dilakukan. Dalam memanfaatkan teknologi dengan cara melakukan sistem *backup* secara otomatis maka sistem kelistrikan dapat kembali tersuplai dengan cepat dan tepat. Saat terjadi *blackout*, idealnya sesegera mungkin sistem kelistrikan harus sudah kembali tersuplai oleh listrik dan beroperasi. Sementara pengoperasian sistem *backup* yang masih dilakukan secara manual memerlukan waktu 15 menit. Hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan simulasi Festo FluidSIM, diperoleh operasi sistem *backup* secara otomatis, maka hanya memerlukan waktu 35 detik agar sistem kelistrikan dapat kembali tersuplai. Sehingga sangat bermanfaat dan dapat meminimalisir terjadinya kerusakan dan kerugian pada peralatan PLTGU.

**Kata kunci** — FluidSIM, EDG, *backup*, dan *blackout*.

**Abstract** — A good electrical system is a system that can be maintained indefinitely. Therefore, the smooth supply of power is the main key to the reliability of an electrical system. This is because electrical equipment is equipment that is susceptible to damage when it is turned off without following the standard operating procedures provided by the company that manufactures it. To get continuous power supply in the event of an emergency, a backup of the electrical system must be carried out immediately. By utilizing technology by performing an automatic backup system, the electrical system can be supplied again quickly and precisely. When a blackout occurs, ideally as soon as possible the electrical system must be back supplied with electricity and operational. Meanwhile, the operation of the backup system, which is still done manually, takes 15 minutes. The results of research conducted using the Festo FluidSIM simulation, obtained that the backup system operates automatically, so it only takes 35 seconds for the electrical system to be supplied again. So that it is very useful and can minimize the occurrence of damage and losses to PLTGU equipment.

**Keywords**— FluidSIM, EDG, *backup*, dan *blackout*.

## I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik merupakan suatu sumber daya aktif maupun reaktif yang sangat dibutuhkan untuk mensuplai beban listrik [1]. Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Tanjung Uncang 120 MW Batam merupakan salah satu unit pembangkitan yang berperan aktif dalam menyuplai produksi listrik kepada masyarakat di Kota Batam dan sekitarnya. Dalam proses pengoperasiannya, PLTGU Tanjung Uncang tentunya tidak terlepas dari berbagai macam gangguan. Upaya untuk melakukan peningkatan kinerja pembangkit perlu dievaluasi atas beberapa gangguan

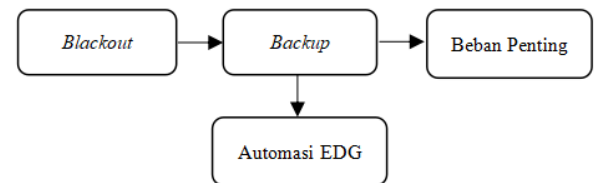
yang dialami saat sebelumnya, dengan tujuan untuk menambah keandalan sistem pada pembangkit itu sendiri dan meminimalisir terjadinya kerugian [2]. Sistem kelistrikan yang bagus adalah sistem kelistrikan yang terjamin keberlangsungannya tanpa mengenal waktu. Jika sistem utama terjadi kerusakan atau gangguan yang sekiranya bisa memutus keberlangsungan berjalannya sistem kelistrikan, maka disitu mutlak diperlukannya *backup* sistem pada pembangkit untuk mem *backup* agar sistem kelistrikan pada pembangkit bisa terjaga keberlangsungannya [3].

*Emergency Diesel Generator* (EDG) merupakan perangkat utama yang mampu menghasilkan daya listrik dan berfungsi sebagai sistem *backup* saat terjadi gangguan kelistrikan (*blackout*) [4]. Perhitungan kapasitas EDG dan beban yang akan disuplai saat beroperasi harus diperhatikan untuk menentukan keberhasilan operasi dan mencegah beban berlebih [5]. Saat terjadi *blackout*, *backup* sistem di PLTGU Tanjung Uncang harus segera dilakukan dan difungsikan untuk mem-*backup* sistem kelistrikan pada beban pemakaian sendiri. Dengan tujuan untuk kembali mensuplai sistem kelistrikan pada beban utama dan menghindari kerusakan hingga kerugian. Sampai saat ini prosedur *backup* sistem kelistrikan pada PLTGU Tanjung Uncang masih menggunakan atau menerapkan prosedur secara manual pada saat proses pengoperasiannya. Sehingga dalam penerapannya sistem ini dinilai masih kurang maksimal karena membutuhkan waktu yang lebih lama saat menjalankan proses tersebut dan memungkinkan terjadinya kesalahan prosedur saat pengoperasian.

Sistem otomatisasi merupakan sistem yang mempunyai tujuan untuk mengontrol dan memantau suatu proses pada perangkat dengan cara terkomputerisasi [6]. Automasi pada sistem *backup* kelistrikan ditujukan untuk menambah keandalan sistem, efisiensi waktu dalam segi pengoperasian, serta meminimalisir terjadinya kerugian. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui langkah dan prosedur dalam perancangan automasi sistem *backup* dan mensimulasikan sistem kontrol pada *software* yang telah ditentukan. Penerapan simulasi automasi sistem *backup* dilakukan menggunakan *software* Festo Fluidsim, yang mana *software* ini merupakan sebuah perangkat kendali otomatis yang dapat diprogram untuk menjalankan proses sekuensial tertentu. Pada penelitian kali ini *Software* festo fluidSIM digunakan untuk mensimulasikan perancangan sistem kontrol otomatis *emergency diesel generator* sebagai sistem *backup* saat terjadi gangguan pada kelistrikan di PLTGU Tanjung Uncang Batam [7].

## II. METODE

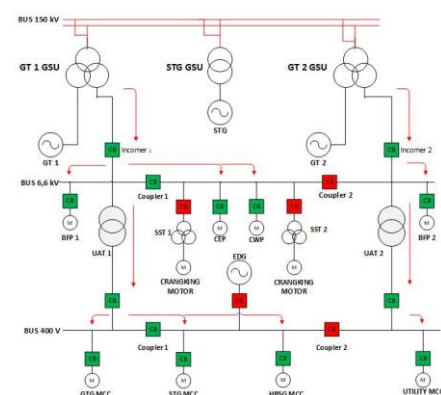
Pada penelitian ini berfokus pada perancangan simulasi automasi EDG untuk sistem *backup* kelistrikan saat terjadi *blackout* pada PLTGU Tanjung Uncang. Metode yang dirancang dengan mengumpulkan data secara tersusun sesuai Gambar 1 berikut.



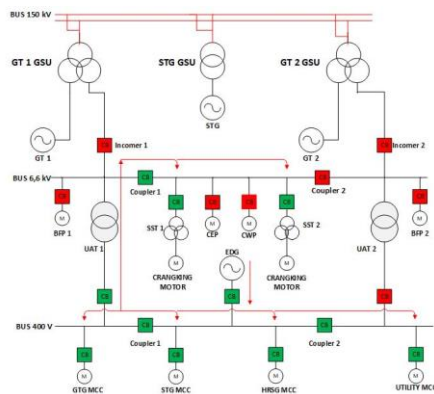
Gbr1. Diagram alir metode pengambilan data penelitian

### A. Data Sistem Kelistrikan

Sistem kelistrikan pada PLTGU Tanjung Uncang dirancang sedemikian rupa dan memiliki sistem *backup* sehingga mampu memasok energi listrik yang handal ke beban-beban yang terdiri dari berbagai klasifikasi kebutuhan dan berbagai jenis tegangan sesuai standar kelistrikan. Beban-beban yang termasuk dalam klasifikasi dipasok oleh ketiga jenis sumber penyedia daya. Tiga jenis sumber yang berbeda yaitu listrik PLN, pembangkit listrik tenaga diesel, dan baterai secara saling bergantian (*interlock*). Pada dasarnya distribusi daya pada sistem listrik PLTGU Tanjung Uncang dibagi dalam 3 kelompok berdasarkan tegangan yaitu 150 kV, 6.6 kV dan 400 V sebagai komponen utama.



Gbr 2. Wiring Diagram penyaluran daya pada saat kondisi normal



Gbr 3. Wiring Diagram Penyaluran daya pada saat kondisi blackout

### B. Blackout pada PLTGU Tanjung Uncang

*Blackout* merupakan pemadaman atau keruntuhan total jaringan daya listrik yang disebabkan oleh ketidakseimbangan antara pembangkitan daya listrik dan konsumsinya atau terjadi gangguan listrik lainnya [8]. Adapun beberapa faktor internal dan eksternal penyebab terjadinya *blackout* pada PLTGU Tanjung Uncang :

1. *Blackout* total pada sistem kelistrikan Batam – Bintan.
2. Terjadinya kerusakan pada peralatan di Gardu Induk yang mengakibatkan tidak adanya suplai ke PLTGU Tanjung Uncang).
3. *Blackout* lokal PLTGU Tanjung Uncang (terjadi karena sistem jaringan pada Gardu Induk Tanjung Uncang bermasalah)

### C. Sistem backup pada PLTGU Tanjung Uncang

Sistem *backup* pada kelistrikan merupakan sistem cadangan kelistrikan yang terdapat dan digunakan untuk menggantikan sistem utama saat terjadi gangguan sehingga sistem kelistrikan pada sistem utama dapat terjaga akan keberlangsungannya. Terdapat dua peralatan utama yang digunakan sebagai *backup* sistem kelistrikan pada PLTGU Tanjung Uncang yaitu *emergency diesel generator* (EDG) dan *Uninterruptible power supply* (UPS).

### D. Emergency Diesel Generator (EDG)

*Emergency Diesel Generator* (EDG) merupakan suatu pembangkit listrik tenaga diesel yang digunakan di PLTGU Tanjung

Uncang sebagai catu daya cadangan apabila terjadi kondisi darurat gangguan atau kegagalan pada sumber listrik utama atau unit kehilangan kemampuan berproduksi [9].



Gbr 4. *Emergency Diesel Generator*

Pada tabel 1. Merupakan tabel keterangan spesifikasi mesin dan generator dari *emergency diesel generator* dengan model CATERPILAR C175 – 16

Tabel 1. Spesifikasi Edg

No	Engine Specification		Generator Specification	
	Brand			
1	Brand	CATERPILAR	Rated Power	2180 kW
2	Model	C175-16	Rated Voltage	400 V
3	Tipe	4 Stroke	Rated Current	3933 A
4	Fuel	Solar	Rated Frequency	50 Hz
5	Speed	1510 Rpm	Power Factor	0,8

### E. Sistem Pembebanan pada PLTGU Tanjung

Beban yang berperan penting pada sistem pembangkit, saat terjadi gangguan pada sistem kelistrikan atau *blackout* beban ini harus tetap berjalan agar tidak menimbulkan kerusakan yang makin parah hingga kerugian [10]. Pada saat terjadi *blackout* sistem EDG difungsikan sebagai suplai utama untuk mem-*backup* seluruh beban – beban yang bersifat penting (*essential load*). Tabel 2 menunjukkan data.

Tabel 2. Pembebanan pada *PLTGU Tanjung Uncang*

<i>Equipment</i>	<i>Power Rating (kW)</i>	<i>Total Unit</i>	<i>Area</i>
<i>Crangking Motor</i>	56	2	Turbin Gas
<i>Main Oil Pump Motor</i>	22	2	
<i>Oil Mist Fan Motor</i>	3	2	
<i>Ventilation Fan Motor</i>	35	2	
<i>CCWP Motor</i>	45	2	
<i>Rotor Turning Gear</i>	55	1	STG MCC
<i>Oil Tank Cooler</i>	1,5	1	
<i>CCWP Motor</i>	45	1	
<i>Emergency Oil Pump</i>	6,6	1	
<i>Air Compressor</i>	92	1	EMG MCC
<i>Instrument Air Dryer</i>	2.4	1	
<i>Feeder to Instrument DB Panel</i>	30	1	
<i>Feeder to 150 kV Switchyard 230 VAC</i>	45	1	
<i>Feeder to 150 kV Switchyard 110 VDC</i>	15	1	
<i>Feeder to Lighting Main DB Board</i>	69	1	
<i>Aux 220 VAC Non UPS</i>	10	1	
<i>HRSG MCC #1</i>	18	1	
<i>UTILITY MCC #1</i>	33	1	
<i>GTG MCC #1</i>	47	1	
<i>HRSG MCC #2</i>	18	1	Load Centre 1
<i>UTILITY MCC #2</i>	45	1	
<i>GTG MCC #2</i>	47,4	1	
<b>Total Beban</b>	<b>922 kW</b>		

Berdasarkan tabel diatas dan setelah melakukan pengumpulan pada data yang bersifat penting untuk di-*backup* adapun jumlah beban penting sebesar 922 kW. Setelah jumlah atau total beban penting untuk di-*backup* sudah diketahui dapat dipastikan bahwa spesifikasi dari *emergency diesel generator* masih dalam batas normal. Hal ini sangat penting dan perlu diperhatikan dengan tujuan untuk mencegah unit *emergency diesel generator* dari pada beban berlebih dan faktor keamanan unit EDG itu sendiri

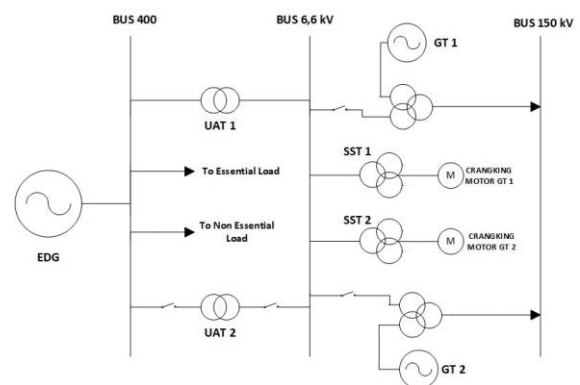
#### F. Otomasi EDG

Automasi *emergency diesel generator* untuk sistem *backup* Merupakan proses perubahan sistem yang sebelumnya dilakukan secara manual akan dirancang menjadi otomatis. Yaitu pengoperasian

EDG saat terjadi *blackout* dari awal *startup* sampai dengan masuknya suplai EDG menuju seluruh beban – beban penting yang membutuhkan tegangan. Hal ini akan disimulasikan menggunakan *software fluidSIM*.

#### G. Wiring Plant Diagram EDG

Pada Gambar 5 di bawah ini merupakan perancangan peletakan *emergency diesel generator* (EDG) pada sistem pembangkit PLTGU Tanjung Uncang. Pada gambar *wiring plant diagram* menunjukkan lokasi perencanaan penempatan EDG pada sistem *backup* kelistrikan yang nantinya akan menjadi suplai utama pada saat operasi *backup* berlangsung saat terjadi kondisi darurat (*Blackout*). Berdasarkan gambar dibawah letak posisi *emergency diesel generator* berada pada bus *emergency MCC (motor control centre)* 400 V.



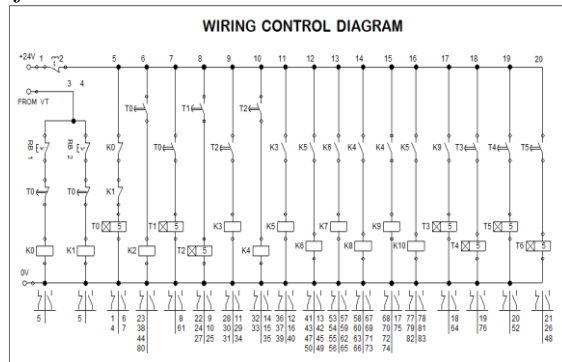
Gbr 5. Wiring Plant Diagram

#### H. Software Festo FluidSIM

*Software festo fluidSIM* merupakan perangkat lunak yang komprehensif untuk penciptaan atau mendesain, rangkaian kontrol, instruksi, studi elektro motor, elektro hidrolik dan sirkuit digital dan dapat disimulasikan secara *actual time*. Keseluruhan dari fungsi program memiliki koneksi yang lancar, proses penggabungan berbagai bentuk media dan sumber pengetahuan dengan cara yang mudah diakses. Festo Fluidsim juga dapat menggabungkan diagram sirkuit editor intuitif dengan deskripsi detail dari semua komponen seperti, komponen foto, animasi tampilan *sectional* dan video terurut.

### I. Perancangan wiring control diagram

Gambar dan tabel berikut merupakan gambar *wiring control diagram* dan pada *software festo fluidSIM*.



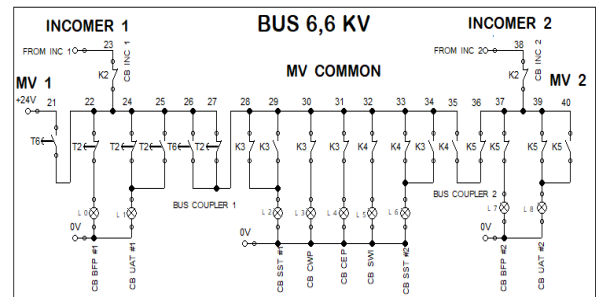
Gbr 6. Wiring Control Diagram

Tabel 3. Deskripsi Wiring Control Diagram

No	Item	Description	In	Output
1	RB 1	Riser From VT For Sensing Blackout.	VT 1	K0
	RB 2	Riser From VT For Sensing Blackout.	VT 2	K1
2	K0	Relay Coil From VT 1.	RB 1	T0
3	K1	Relay Coil From VT 2.	RB 2	T0
4	T0	(Timer) Relay Coil Delay On From VT 1 & VT 2	K0 & K1	K2
5	K2	Relay Coil From T0 to Contact (CB Inc 1 & 2) And (CB LC 1 & 2).	T0	INC 1 & 2 LC 1 & 2
7	T1	(Timer) Relay Coil Delay On to Contact CB Start Up EDG.	T0	T2
8	T2	(Timer) Relay Coil Delay On to Load MV 1.	T1	K3
9	K3	Relay Coil to Contact in Load MV Common	T2	K5 & K6
10	K4	Relay Coil to Contact NO & NC in Load MV Common.	T2	K7, K8, & K9
11	K5	Relay Coil to Contact in Load MV 2.	K3	K10, K16 & K17
12	K6	Relay Coil to Contact in Load LC 1.	K3	K7
13	K7	Relay Coil to Contact in Load EMG MCC.	K6	EMG MCC
14	K8	Relay Coil to Contact in Load EMG MCC.	K4	EMG MCC
15	K9	Relay Coil to Contact in Load EMG MCC.	K4	EMG MCC
16	K10	Relay Coil to Contact in Load LC 2.	K5	T3
17	T3	(Timer) Relay Coil Delay On To Contact CB Load EDG For EMG MCC Line.	K9	T4
18	T4	(Timer) Relay Coil Delay On For Contact CB Coupler To LC 2.	T3	T5
19	T5	(Timer) Relay Coil Delay On For Contact CB Coupler To LC 1.	T4	T6
20	T6	(Timer) Relay Coil Delay On For Contact CB LC 1 to Bus Coupler 1	T5	LC 1 & BC1

### J. Perancangan wiring load diagram bus 6,6 kV

Gambar dibawah merupakan *wiring load diagram* yang mana menggambarkan inialisasi letak posisi kabel dan *output* dari *wiring load diagram* pada area bus 6,6 kV. Terdapat beberapa area pada bus 6,6kV yaitu *medium voltage 1* (MV 1), *medium voltage 2* (MV 2), dan *medium voltage common* (MV COM).



Gbr 7. Wiring Load Diagram Bus 6,6 kV

Tabel 4. Deskripsi Wiring Load Diagram Bus 6,6 Kv

No	Item	Load Description	Area	In	Contact
1	K2	CB Incomer 1	INC 1	K2	NC
2	T6	OUT FROM CB LC 1	MV 1	T6	NC
3	L0	CB BFP 1	MV 1	T2	NC
4	L1	CB UAT 1	MV1	T2	NC / NO
5	T6 & T2	CB Bus Coupler 1	BC 1	T6	NO / NC
7	L2	CB SST 1	MV COM	K3	NC / NO
8	L3	CB CWP	MV COM	K3	NC
9	L4	CB CEP	MV COM	K3	NC
10	L5	CB SWI	MV COM	K4	NC
11	L6	CB SST 2	MV COM	K4	NC / NO
12	K4	CB Bus Coupler 2	BC 2	K4	NO
13	K5	CB Bus Coupler 2	BC 2	K5	NC
14	L7	CB BFP 2	MV 2	K5	NC
15	L8	CB UAT 2	MV 2	K5	NC / NO

### K. Perancangan Wiring Load Diagram Bus 400 V

Pada gambar dan tabel dibawah merupakan gambar *wiring load diagram* pada area bus 400 V. Pada bus ini terdapat beberapa beban penting yang di-backup dan tetap harus tersuplai oleh listrik saat terjadi *blackout*.





- d)CB *Incomer* dari UAT #1 dan UAT #2 dalam kondisi “Open” (OFF).
- Setelah semua CB otomatis berada pada posisinya masing – masing maka langkah berikutnya adalah CB *load* EDG akan “Close” (ON).
  - CB *Coupler Load Center* #2 di- “Close” (ON). Dilanjutkan dengan CB *Coupler Load Center* #1 pada posisi “Close” (ON).
  - Langkah selanjutnya CB *Incomer* to UAT #1 akan berada dalam posisi “Close” (ON). Dan CB *incomer* to UAT #2 akan tetap “Open”.

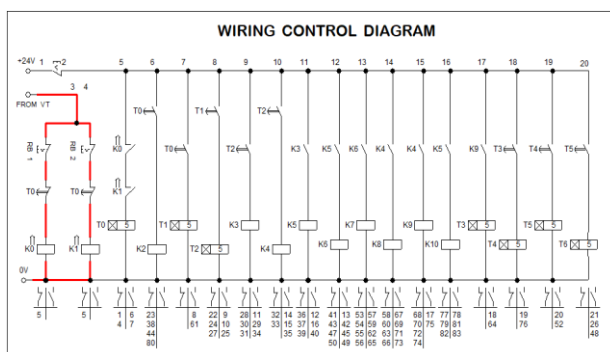
Setelah beberapa langkah automasi EDG di atas selesai maka tetap pastikan keberhasilan dari berjalannya sistem dengan melakukan pengecekan pada *bus bar* mv (6,6 kV) melalui HMI *relay* pada CB 6,6 kV. Pastikan juga CB pada SST bertegangan yang bertujuan untuk menjaga *barring speed* pada GT.

### C. Simulasi Otomasi EDG

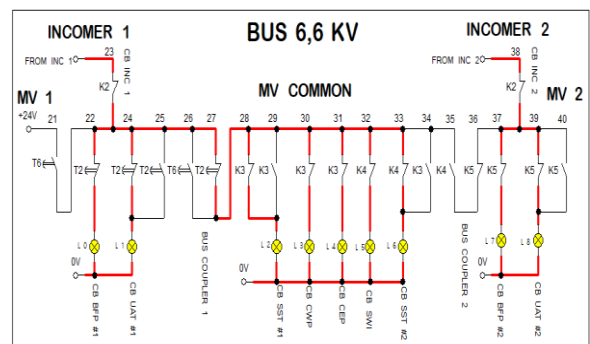
Simulasi dilakukan pada *software* fluidSIM dan diperoleh keterangan sebagai berikut :

#### 1) Kondisi Normal

Pada saat kondisi normal tegangan masi terdeteksi oleh *bus riser* sehingga *wiring control* masih dalam posisi normal atau *standby* dan kondisi *circuit breaker* (CB) pada setiap panel 6,6 kV dan 400 V masih tersuplai oleh *main* trafo dari sisi tersier.



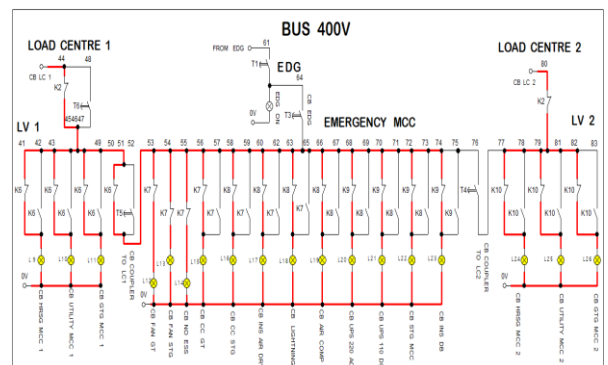
Gbr 9. Wiring Control Diagram Kondisi Normal



Gbr 10. Wiring Load Diagram Bus 6,6 kV Kondisi Normal

Tabel 6. Simulasi Kondisi Normal

KONDISI NORMAL					
No	Item	Coil	No	Item	Coil
		Status			Status
1	RB 1	ON	11	K5	OFF
2	RB 2	ON	12	K6	OFF
3	K0	ON	13	K7	OFF
4	K1	ON	14	K8	OFF
5	T0	OFF	15	K9	OFF
6	K2	OFF	16	K10	OFF
7	T1	OFF	17	T3	OFF
8	T2	OFF	18	T4	OFF
9	K3	OFF	19	T5	OFF
10	K4	OFF	20	T6	OFF



Gbr 11. Wiring Load Diagram Bus 400V Kondisi Normal

### D. Hasil Pengujian Simulasi Otomasi EDG pada Software FluiSIM

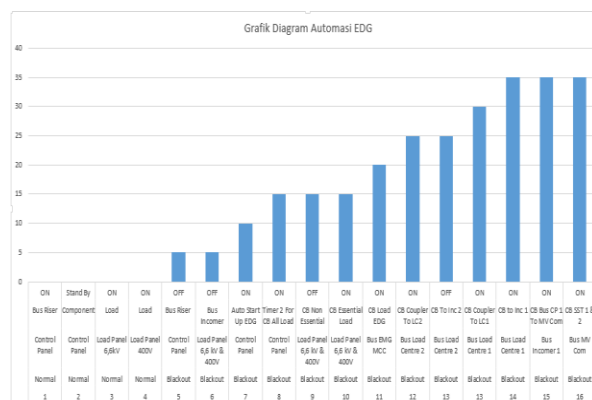
Berdasarkan dari gambar *wiring plant diagram* dan gambar *wiring load diagram bus 6,6 kV* dan *wiring load diagram bus 400 V* setelah mealkukan simulasi baik dalam kondisi normal maupun dalam kondisi *blackout* maka didapatkan hasil yang sebagaimana terdapat pada tabel yang tertera dibawah berikut :

Tabel 7. Hasil Simulasi Simulasi Otomasi EDG

No	Kondisi	Area	Item	Status	Time (Sec)
1	Normal	Control Panel	Bus Riser	ON	0
2	Normal	Control Panel	Component	Stand By	0
3	Normal	Load Panel 6,6kV	Load	ON	0
4	Normal	Load Panel 400 V	Load	ON	0
5	Blackout	Control Panel	Bus Riser	OFF	5
6	Blackout	Load Panel 6,6 kV & 400V	Bus Incomer	OFF	5
7	Blackout	Control Panel	Auto Start Up EDG	ON	10
8	Blackout	Control Panel	Timer 2 For CB All Load	ON	15
9	Blackout	Load Panel 6,6 kV & 400V	CB Non Essential	OFF	15
10	Blackout	Load Panel 6,6 kV & 400V	CB Essential Load	ON	15
11	Blackout	Bus EMG MCC	CB Load EDG	ON	20
12	Blackout	Bus Load Centre 2	CB Coupler To LC2	ON	25
13	Blackout	Bus Load Centre 2	CB To Inc 2	OFF	25
13	Blackout	Bus Load Centre 1	CB Coupler To LC1	ON	30
14	Blackout	Bus Load Centre 1	CB to Inc 1	ON	35
15	Blackout	Bus Incomer 1	CB Bus CP 1 To MV Com	ON	35
16	Blackout	Bus MV Com	CB SST 1 & 2	ON	35

### E. Grafik Hasil Simulasi

Adapun grafik hasil simulasi automasi EDG menggunakan *software* fluidSIM dapat dilihat pada gambar dibawah berikut.



Gbr 12. Grafik Hasil Simulasi

## IV. PENUTUP

Kemampuan kapasitas EDG sebesar 2,1 Mw. Dan total kapasitas beban penting yang harus tersuplai sebesar 912 kW. Hal ini membuktikan bahwa jumlah nominal beban lebih rendah dari pada kapasitas EDG sehingga operasi EDG untuk sistem *backup* dapat dikatakan masih dalam kondisi aman. Pengoperasian EDG dilakukan pada saat kondisi *blackout* untuk *backup* sistem kelistrikan internal. Dengan melepaskan seluruh beban yang tidak penting kemudian hanya beban penting yang akan disuplai saat berjalannya operasi EDG.

Dengan melakukan perancangan penerapan pengoperasian automasi EDG untuk sistem *backup* kelistrikan dan setelah dilakukan simulasi pada *software* fluidSIM hanya membutuhkan waktu 35 detik untuk EDG bisa mensuplai kembali beban penting pada *bus bar* kelistrikan PLTGU Tanjung Uncang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada PT.PLN Persero Kota batam dan seluruh karyawan PLTGU Tanjung Uncang yang telah meluangkan waktu untuk mendukung proses pengambilan data di lapangan .

## REFERENSI

- [1] M. Sapari, Teknik Pembangkit Tenaga Listrik, Jakarta, 2008.
- [2] C. T. Wicaksono, Simulasi Pembangkit Cadangan (Black Start) Blok 2 Pt. Indonesia Power Up Grati, Universitas Muhammadiyah Malang, 2021.
- [3] A. B. Setiawan, "Back Up Sistem Kelistrikan Pltgu Pt. Indonesia Power Ubp Semarang Dengan Start Up Diesel Generator 6,3kv Dan 400v".
- [4] M. Nurdin, Pemeliharaan EDG (*Emergency Diesel Generator*) Pada PT. PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Utara Sektor Pembangkitan Nagan Raya 2 X 110 mW, Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala, 2018.
- [5] Surya Darma And Huda Rosyada, "Analisis Perkiraan Beban Diesel Engine (Deg) Di Fractionation Plant PT.," 2020.
- [6] Z. Untawa, Simulasi Sistem Kerja Automatic Transfer Switch Menggunakan



- Aplikasi Festo Fluidsim 4.2, 2018.
- [7] R. Isna, Penerapan Simulasi *Festo Fluidsim* Untuk Meningkatkan Keterampilan Peserta Didik Pada Mata Pelajaran Instalasi Motor Listrik Di Kelas XI SMK N 2 Banda Aceh, Banda Aceh: Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, 2019.
- [8] Ardiansah And H. Hermawan, Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Pada Distribusi, 2017.
- [9] D. R. Pradana, Analisis Sistem Catu Daya Tak Putus (*Uninterruptible Power Supply*) Pada PLTGU Blok 1 Muara Karang, Institute Teknologi Pln, 2021.
- [10] Kartono, Evaluasi Kapasitas *Emergency Diesel Generator* (EDG) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu), 2012.