

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

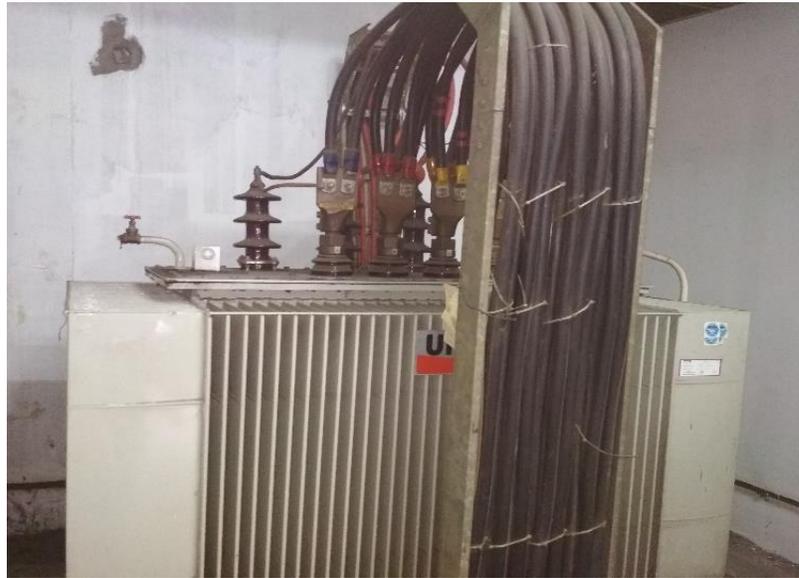
Jogjatronik Mall Yogyakarta merupakan suatu gedung perbelanjaan elektronik, yang terdiri dari 5 lantai. Gedung yang dibangun pada tahun 2004 ini mempunyai beban total sebesar 865 kVA yang disuplai dari PLN tegangan menengah 20 kV dan diturunkan oleh transformator step-down berkapasitas 1600 kVA. Apabila sistem utama PLN gagal, sumber listrik cadangannya akan diambil alih oleh dua unit genset utama dengan kapasitas masing-masing 550 kVA.

4.1 Data

Berberapa data yang diperoleh saat melakukan pengamatan secara langsung ke lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

4.1.1 Transformator

Transformator yang digunakan yaitu merk UNINDO dengan kapasitas 1600 kVA. Transformator ini merupakan transformator 3 fasa yang digunakan untuk menurunkan tegangan PLN 20 kV dengan frekuensi 50 Hz menjadi 380 V dengan arus nominal sebesar 48,2 A. Gambar dan tabel spesifikasi lengkap transformator yang digunakan di gedung JT Mall Yogyakarta dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan tabel spesifikasi 4.1



Gambar 4.1 Transformator step-down 1600 kVA merk Unindo di JT Mall

Tabel 4.1 Spesifikasi Transformator di JT Mall

No	Spesifikasi	Besaran	
1.	Merk	UNINDO	
2.	Standar	IEC 76 / SPLN-50	
3.	No Seri	78442	
4.	Tahun Produksi	2004	
5.	Jumlah Fasa	3 Fasa	
6.	Daya Nominal	Primer 1600 kVA	Sekunder 1600 kVA
7.	Hubungan	Primer YN	Sekunder Yn6
8.	Tegangan Nominal	Primer 1. 23000 (Volt) 2. 22000 (Volt) 3. 21000 (Volt) 4. 20000 (Volt) 5. 19000 (Volt)	Sekunder 400 (Volt)
9.	Arus Nominal	Primer 48,2	Sekunder 2309,4
10.	Pendinginan	Minyak-Oil	

Tabel 4.1 Spesifikasi Transformator di JT Mall (Lanjutan)

No	Spesifikasi	Besaran	
11.	Tegangan Hubung Singkat	6 %	
12.	Kenaikan Suhu	Minyak 60°C	Kumparan 65°C
13.	Tingkat Isolasi Dasar	125 KV	
14.	Jumlah Berat	2410 Kg	
15.	Berat Minyak	775 Kg	

4.1.2 Generator Set (Genset)

Genset sebagai *back-up* energi listrik yang digunakan pada gedung JT Mall berjumlah 2 Unit dengan mesin diesel merk DAEWOO dan masing-masing genset berkapasitas 550 kVA. Kedua generator ini dipasang dengan sistem paralel. Gambar dan tabel spesifikasi genset dapat dilihat pada gambar 4.2 dan tabel 4.2.



Gambar 4.2. Genset gedung JT Mall Yogyakarta 550 kVA merk DAEWOO

Tabel 4.2. Spesifikasi Genset 500 kVA merk DAEWOO milik JT Mall Yogyakarta

No	Item	Unit
1.	<i>Model</i>	PIM
2.	<i>Engine Merk</i>	DAEWOO
3.	<i>Serial Number</i>	987151
4.	<i>Stand By</i>	550/440 kVA/kW
5.	<i>Cont</i>	500/400 kVA/kW
6.	<i>Voltase</i>	380 V
7.	<i>Ampere</i>	836 A
8.	<i>Pf</i>	0.8
9.	<i>Poles</i>	4 Poles
10.	<i>Frecuency</i>	50 Hz
11.	<i>Phase</i>	3
12.	<i>Ex.Field</i>	42,7 V
13.	<i>Ex.Field</i>	4,09 A
14.	<i>Fuel consunsmions 75% load</i>	88 L
15.	<i>RPM</i>	1500
16.	<i>Max Temp Ambient</i>	44°C
17.	<i>Date</i>	2003

4.1.3 Data Total Beban Gedung JT Mall Yogyakarta

Data total beban yang terpasang di busbar PLN dan Genset dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Total beban tiap panel PDTR gedung JT Mall Yogyakarta

No	Panel	Cos φ	Daya (WATT)
1.	PU.AC.A	0,8	263.200
2.	PU-AC.B	0,8	192.900
3.	PU-P.A	0,8	327.297
4.	PU.P.B	0,8	317.304
5.	PP-RU (UTILITY)	0,8	21.500
6.	PP-L	0,8	7.624
7.	P-PK	0,8	6.160
8.	P-EC	0,8	63.500
9.	P-STP	0,8	1.200

Tabel 4.3. Total beban tiap panel PDTR gedung JT Mall Yogyakarta (Lanjutan)

No	Panel	Cos φ	Daya (WATT)
10.	P-DWP	0,8	2.220
11.	PP-RU ATAS	0,8	19.360
TOTAL			1.214.1465 W
			1.518.081,25 VA

4.1.4 Data Kontrol Ampere

Data kontrol ampere adalah data pengukuran arus yang terjadi setiap harinya. Data ini didapatkan pada kontrol amper meter di PDTR (Panel Distribusi Tegangan Rendah). Data ini yang nantinya dapat mengetahui besarnya beban yang digunakan setiap harinya. Adapun pengamatan arus ini dilakukan pada luar waktu beban puncak (LWBP) yaitu pukul 13:00 – 15:00 dan waktu beban puncak (WBP) saat pukul 17:00 – 19:00. Data yang digunakan yaitu periode bulan maret 2018. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Data Kontrol Ampere Meter PDTR periode Maret 2018

Hari		Tanggal		Waktu		Daya terpasang di JT	
						1.314 A	865 kVA
				A Max	A Max		
				LWBP	WBP	LWBP	WBP
Kamis	1	13:00/15:00	17:00 / 19:00	976	918		
Jum'at	2	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1001	975		
Sabtu	3	13:00/15:00	17:00 / 19:00	974	984		
Minggu	4	13:00/15:00	17:00 / 19:00	972	955		
Senin	5	13:00/15:00	17:00 / 19:00	952	921		
Selasa	6	13:00/15:00	17:00 / 19:00	980	888		
Rabu	7	13:00/15:00	17:00 / 19:00	967	897		
Kamis	8	13:00/15:00	17:00 / 19:00	973	890		
Jum'at	9	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1020	938		

Tabel 4.4. Data Kontrol Ampere Meter PDTR periode Maret 2018
(Lanjutan)

Hari	Tanggal	Waktu		A Max	A Max
		LWBP	WBP	LWBP	WBP
Sabtu	10	13:00/15:00	17:00 / 19:00	980	965
Minggu	11	13:00/15:00	17:00 / 19:00	948	950
Senin	12	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1034	989
Selasa	13	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1005	952
Rabu	14	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1020	990
Kamis	15	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1061	978
Jum'at	16	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1020	980
Sabtu	17	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1020	956
Minggu	18	13:00/15:00	17:00 / 19:00	949	928
Senin	19	13:00/15:00	17:00 / 19:00	994	974
Selasa	20	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1020	992
Rabu	21	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1028	1006
Kamis	22	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1034	1007
Jum'at	23	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1065	992
Sabtu	24	13:00/15:00	17:00 / 19:00	968	968
Minggu	25	13:00/15:00	17:00 / 19:00	865	881
Senin	26	13:00/15:00	17:00 / 19:00	994	969
Selasa	27	13:00/15:00	17:00 / 19:00	988	937
Rabu	28	13:00/15:00	17:00 / 19:00	985	944
Kamis	29	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1000	965
Jum'at	30	13:00/15:00	17:00 / 19:00	1001	976
Sabtu	31	13:00/15:00	17:00 / 19:00	951	970
Minggu	1	13:00/15:00	17:00 / 19:00	992	947
Max				1065	1007
Min				865	881
Average				992	956

4.1.5 Data Output Generator Saat Kondisi ON

Data di bawah adalah data yang diambil pada tanggal 01 Januari 2018 ketika terjadi pemadaman aliran daya listrik dari PLN. Dimana tercatat dalam tabel 4.5 besarnya daya output generator untuk menyuplai kebutuhan gedung JT Mall

Yogyakarta. Pemadaman listrik terjadi selama 1 jam yaitu dari pukul 10.00 s/d 11.00 WIB. Dimana beban yang dikeluarkan oleh generator dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. *Data daya genset ketika beroperasi selama 1 jam*

Item Peme-Riksaan	Kode	G1	G2	G1	G2	G1	G2
		10:00	10:00	10:30	10:30	11:00	11:00
Ampere	R	240A	212A	270A	249A	285A	277 A
	S	210A	195A	230A	234A	245A	251 A
	T	215A	185A	240A	218A	255A	249 A
Voltage	R-S	380V	380V	380V	380V	380V	380 V
	R-T	380V	380V	380V	380V	380V	380 V
	S-T	380V	380V	380V	380V	380V	380 V
	R-N	220V	220V	220V	220V	220V	220 V
	S-N	220V	220V	220V	220V	220V	220 V
	T-N	220 V					
kW		110kW	110kW	133kW	140kW	150kW	160kW
Frekuensi		50°C	50°C	50°C	50°C	50°C	50°C

4.1.6 Gambaran Umum

Sistem distribusi energi listrik di gedung JT Mall Yogyakarta masuk pada sistem distribusi tegangan menengah. Sumber suplai energi listrik berasal dari PLN dengan daya 1250 kVA dan di *back-up* oleh dua unit genset dengan kapasitas masing-masing 550 kVA untuk menyuplai kebutuhan listrik ketika terjadi pemadaman PLN. Penyaluran daya listrik dari PLN kemudian disalurkan ke Panel Distribusi Tegangan Menengah (PDTM), dari panel PDTM menuju transformator penurun tegangan yang berkapasitas 1600 kVA tegangan diturunkan dari 20 kV menjadi 380 kV, setelah tegangan diturunkan menjadi 380 kV, daya listrik disalurkan ke Panel Distribusi Tegangan Rendah (PDTR). Setelah disalurkan ke

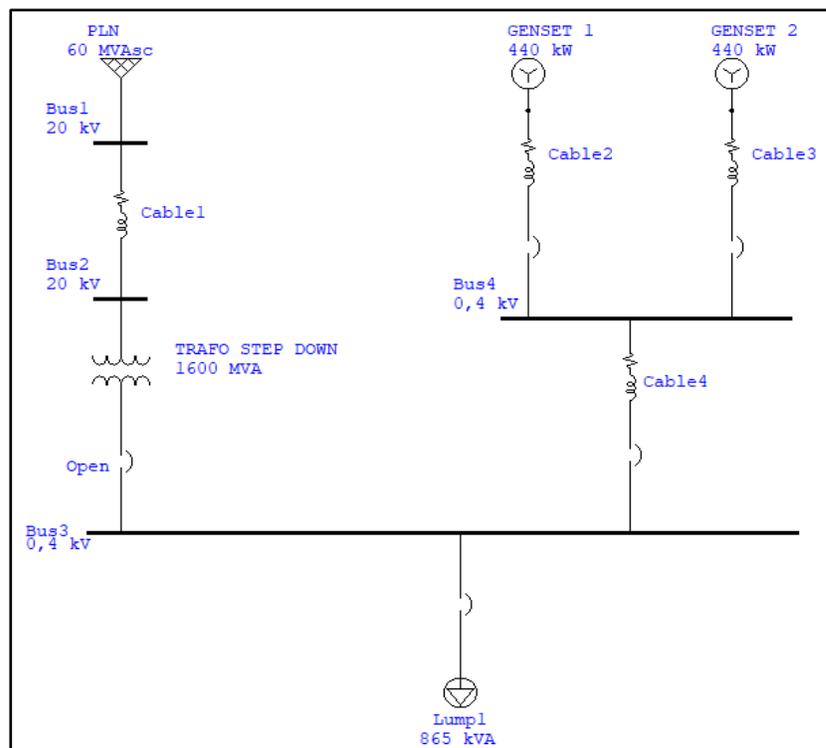
PDTR energi listrik disalurkan ke berbagai beban di seluruh gedung JT Mall Yogyakarta. Mekanisme pengoperasian penyaluran daya adalah sebagai berikut:

a. Mekanisme 1 (Kondisi normal)

Suplai utama PLN dengan daya 1250 kVA akan mensuplai seluruh kebutuhan beban harian ke seluruh gedung.

b. Mekanisme 2 (Kondisi suplai PLN utama gagal atau terjadi pemadaman listrik).

Apabila suplai utama PLN gagal, maka suplai energi listrik akan diambil alih oleh dua unit genset 550 kVA dan perpindahannya dilakukan secara otomatis dengan sistem *Automatic Transfer Switch (ATS)*. Diagram single line sistem kelistrikan gedung JT Mall Yogyakarta dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Single line diagram sederhana sistem kelistrikan gedung JT Mall Yogyakarta

4.2 Analisis Data

4.2.1 Menentukan Kapasitas Daya Genset

Dari tabel 4.4, beban maksimum harian tertinggi pada bulan maret di gedung JT Mall Yogyakarta terjadi pada hari jum'at tanggal 23 Maret 2018, dimana arus maksimum yang tercatat adalah sebesar 1065 A, maka besarnya daya dapat dihitung melalui persamaan daya yaitu:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times I \times V \times \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 1065 \times 380 \times 0,8 \\ &= 560,77 \text{ kW} \end{aligned}$$

Total beban tertinggi di bulan maret yaitu sebesar 560,77 kW. Sedangkan total beban yang terpasang pada seluruh gedung sebesar 1314 A, dimana dayanya dapat dihitung:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times I \times V \times \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 1314 \times 380 \times 0,8 \\ &= 691,87 \text{ kW} \end{aligned}$$

Agar daya genset yang digunakan mencapai 100%, terlebih dahulu mencari *demand factor* (DF) yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Demand Factor (DF)} &= \frac{\text{Beban maksimum terukur}}{\text{Total beban yang terpasang}} \\ &= \frac{560,77 \text{ kW}}{691,87 \text{ kW}} \\ &= 0,81 \\ &= 81\% \end{aligned}$$

Besar *demand factor* yang didapatkan adalah sebesar 0,81 atau 81%. Setelah menghitung dan mendapatkan nilai *demand factor*, langkah selanjutnya yaitu menentukan kapasitas daya yang harus digunakan genset, sesuai dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas daya} &= \text{Demand factor} \times \text{Total beban terpasang} \\
 &\quad \times \text{faktor keamanan trafo} \\
 &= 0,81 \times 691,88 \text{ kW} \times 125\% \\
 &= 700,52 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan, maka kebutuhan daya genset yang digunakan sebesar 700,52 kW.

4.2.2 Menentukan Rating Kinerja Genset

Pemilihan genset di gedung JT Mall Yogyakarta adalah *standby* unit genset, dengan putaran mesin yaitu 1500 rpm. Genset akan disinkronkan dengan genset yang lain, jumlah genset yang akan disinkronkan yaitu sebanyak 2 unit. Masing-masing genset memiliki kapasitas daya sebesar 550 kVA/440 kW. Untuk menghindari kerja genset yang berat, maka diambil asumsi daya total yang akan disuplai adalah 0,8 atau 80% dari daya total genset. Besar rating genset sinkron adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 *Kapasitas daya genset*

Unit Genset	Output	
	P = Daya Aktif (kW)	S= Daya Semu (kVA)
Genset 1	440	550
Genset 2	440	550
Parallel	880 kW	1100 kVA

$$\begin{aligned}
 \text{Rating kinerja genset sinkron (S)} &= \text{Kapasitas daya} \times 2 \text{ Unit} \times 0,8 \\
 &= 550 \text{ kVA} \times 2 \text{ Unit} \times 0,8 \\
 &= 880 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rating kinerja genset sinkron (P)} &= \text{Kapasitas daya} \times 2 \text{ Unit} \times 0,8 \\
 &= 440 \text{ kW} \times 2 \text{ Unit} \times 0,8 \\
 &= 704 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Besar rating kinerja daya genset sinkron setelah dilakukan perhitungan adalah sebesar 880 kVA/704 kW, maka rating kinerja daya genset per-unit adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Rating kinerja daya genset per unit (S)} &= \frac{\text{Rating genset sinkron}}{\text{Jumlah genset yang disinkron}} \\
 &= \frac{880 \text{ kVA}}{2 \text{ Unit}} \\
 &= 440 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rating kinerja daya genset per unit (P)} &= \frac{\text{Rating genset sinkron}}{\text{Jumlah genset yang disinkron}} \\
 &= \frac{704 \text{ kW}}{2 \text{ Unit}} \\
 &= 352 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan, besar rating kinerja genset per unit adalah 440 kVA/352 kW. Karena genset yang digunakan sebanyak 2 unit, maka besar rating genset sinkron yaitu 880 kVA/704 kW. Adapun daya terpasang di gedung JT Mall Yogyakarta sebesar 865 kVA/691,87 kW maka berdasarkan perhitungan beban gedung dan rating kinerja genset sinkron tersebut maka kapasitas genset yang digunakan di gedung JT Mall Yogyakarta sudah memenuhi kebutuhan beban yang ada. Namun berdasarkan tabel data *control ampere* meter PDTR, daya yang terpasang pada gedung Jogjatronik tidak 100% digunakan secara keseluruhan. Kita ambil studi kasus dari tabel 4.4 tercatat bahwa arus yang tercatat pada panel PDTR tertinggi terjadi pada hari jum'at 23 maret 2018 yaitu sebesar 1065 A.

Dari arus 1065 A, maka dayanya yaitu sebesar:

$$\begin{aligned}
 P_{(kW)} &= \sqrt{3} \times I \times V \times Pf = \sqrt{3} \times 1065 \times 380 \times 0,8 \\
 &= 560,77 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{(kVA)} &= \frac{P}{pf} = \frac{560,77}{0,8} \\
 &= 700,96 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapat beban yang tertinggi yang terjadi pada bulan maret 2018 yaitu sebesar 700,96 kVA/560,77 kW. Sedangkan kapasitas genset sinkron yang ada dapat mensuplai daya sebesar 880 kVA/704 kW. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas genset yang ada sudah dapat mensuplai kebutuhan beban gedung sehari-hari apabila terjadi pemadaman listrik PLN.

4.2.3 Analisa Efisiensi Genset

Dari tabel 4.5 menunjukkan bahwa perubahan daya yang dihasilkan beban dalam waktu tertentu yaitu:

- a. Saat kedua genset bekerja selama 30 menit, total daya terserap oleh beban sebesar 273 kW.
- b. Saat kedua genset bekerja selama 60 menit, daya bertambah besar, yaitu mencapai 310 kW.

Dari data diatas maka dapat dihitung nilai efisiensi yang dihasilkan yaitu:

- a. Efisiensi generator sinkron dengan daya 273 kW selama 30 menit adalah:

$$\begin{aligned} \% \eta &= \frac{P \text{ Output}}{P \text{ Input}} \times 100\% \\ &= \frac{273}{704} \times 100\% \\ &= 38,78\% \end{aligned}$$

Efisiensi setiap generator selama 30 menit:

$$\% \eta = \frac{P \text{ Output}}{P \text{ Input}} \times 100\%$$

$$= \frac{140}{352} \times 100\%$$

$$= 39,77\%$$

Sehingga didapat efisiensi total daya yaitu sebesar 38,78% atau 0,3878 dan efisiensi setiap generator sebesar 39,77% atau 0,3977. Nilai efisiensi ini terbilang cukup rendah.

- b. Efisiensi generator sinkron dengan daya 310 kW selama 60 menit adalah:

$$\% \eta = \frac{P \text{ Output}}{P \text{ Input}} \times 100\%$$

$$= \frac{310}{704} \times 100\%$$

$$= 44,03\%$$

Efisiensi setiap generator selama 60 menit:

$$\% \eta = \frac{P \text{ Output}}{P \text{ Input}} \times 100\%$$

$$= \frac{160}{352} \times 100\%$$

$$= 45,45\%$$

Dari perhitungan diatas didapat efisiensi total daya selama 60 menit yaitu sebesar 44,03% atau 0,4403 dan efisiensi setiap generator sebesar 45,45% atau 0,4545. Nilai efisiensi ini masih terbilang cukup rendah.

Tabel 4.7 Efisiensi Generator

No	Generator	Waktu	Total	Efisiensi
		(menit)	daya (kW)	ketika sinkron
1.	Genset 1 (500 kVA)	30	273	39,77%
	Genset 2 (500 kVA)			
2.	Genset 1 (500 kVA)	60	310	45,45%
	Genset 2 (500 kVA)			

Dari tabel 4.7 dapat kita bandingkan perbandingan efisiensi genset yang bekerja selama 30 menit dan 60 menit dengan daya yang semakin meningkat. Dimana nilai perbandingan efisiensi dalam kondisi sinkron yaitu $38,78\% < 44,03\%$. Dan nilai perbandingan dalam kondisi sharing yaitu $39,77\% < 45,55\%$. Efisiensi genset selama satu jam terbilang rendah. Hal ini disebabkan karena beban yang di suplai genset selama 60 menit hanya sebesar 310 kW atau 46,24% dari total beban gedung yaitu 692 kW.

3.2.4 Perhitungan Pemakaian Bahan Bakar

Dapat dihitung pemakaian bahan bakar selama genset berkerja menggunakan persamaan berikut:

- a. Durasi selama 30 menit, setiap genset mensuplai beban sebesar:

➤ Genset_1 = 133 kW

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{133 \text{ kW}}{0,8} = 166,25 \text{ kVA}$$

➤ Genset_2 = 140 kW

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{140 \text{ kW}}{0,8} = 175 \text{ kVA}$$

Beban ketika kedua genset tersebut posisi paralel yaitu sebesar:

$$P = P_{\text{Genset}_1} + P_{\text{Genset}_2}$$

$$= 133 + 140 = 273 \text{ W}$$

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{273}{0,8} = 341,25 \text{ kVA}$$

Sehingga konsumsi bahan bakar per genset dapat dihitung:

➤ Genset_1

$$Q_1 = k \times P \times t$$

$$= 0,21 \times 166,25 \times 0,5$$

$$= 17,45 \text{ liter/jam}$$

➤ Genset_2

$$Q_1 = k \times P \times t$$

$$= 0,21 \times 175 \times 0,5$$

$$= 18,38 \text{ liter/jam}$$

Kebutuhan bahan bakar untuk pemakaian secara paralel selama 30 menit

dua unit genset:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 17,45 + 18,38 = 35,83 \text{ liter}$$

b. Durasi selama 60 menit, setiap genset mensuplai beban sebesar:

➤ Genset_1 = 150 kW

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{150 \text{ kW}}{0,8} = 187,5 \text{ kVA}$$

➤ Genset_2 = 160 kW

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{160 \text{ kW}}{0,8} = 200 \text{ kVA}$$

Beban ketika kedua genset tersebut posisi paralel yaitu sebesar:

$$P = P \text{ Genset}_1 + P \text{ Genset}_2$$

$$= 150 + 160 = 310 \text{ kW}$$

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{310}{0,8} = 387,5 \text{ kVA}$$

Sehingga konsumsi bahan bakar per genset selama satu jam dapat dihitung:

➤ Genset_1

$$Q_1 = k \times P \times t$$

$$= 0,21 \times 187,5 \times 1$$

$$= 39,37 \text{ liter/jam}$$

➤ Genset_2

$$Q_1 = k \times P \times t$$

$$= 0,21 \times 200 \times 1$$

$$= 42 \text{ liter/jam}$$

Kebutuhan bahan bakar untuk pemakaian secara sinkron selama 60 menit dua unit genset:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 39,37 + 42 = 81,37 \text{ liter}$$

Data perhitungan diatas dapat dilihat dalam tabel dibawah:

Tabel 4.8 Hasil perhitungan penggunaan bahan bakar

No	Generator	Daya		t	Q	TOTAL
		kW	kVA	menit	Liter/jam	Liter
1.	Genset_1	133	166.25	30	17,45	35,83
	Genset_2	140	175		18,38	
2	Genset_1	150	187,5	60	39,37	81,37
	Genset_2	160	200		42	

Dari perhitungan diatas dapat kita lihat bahwasanya konsumsi bahan bakar genset sinkron selama setengah jam dengan daya *output* 273 kW atau 39,45% dari beban total gedung menghabiskan bahan bakar solar sebanyak 35,83 liter. Sedangkan selama satu jam dengan daya *output* 310 kW atau 44,79% dari beban total gedung, dua unit genset menghabiskan bahan bakar solar sebanyak 81,37 liter/jam. Apabila kita bandingkan dengan tabel spesifikasi genset yang ada, maka konsumsi bahan bakar menurut perhitungan terdapat selisih perbedaan. Dimana pada studi kasus, beban yang digunakan genset hanya setengah dari

beban maksimum genset, maka kebutuhan bahan bakar juga hanya setengahnya. Pada tabel spesifikasi genset tertera konsumsi bahan bakar dengan beban 75% menghabiskan bahan bakar solar sebesar 88 liter/jam per genset.

4.2.5 Menentukan Rating Pengaman Keluaran Genset

Perancangan arus lebih genset yang digunakan adalah 150% sebagai faktor pengali dari arus nominal (I_n) genset, yang berdasarkan acuan PUIL 2000 pasal 5.6.1.2.3. Pengaman yang digunakan adalah ACB, karena ACB memiliki rating arus yang relatif besar dan dapat di *setting* sesuai dengan kebutuhan. ACB digunakan sebagai pengaman dari arus hubung singkat dan arus beban lebih.

Adapun perhitungan rating pengaman *Incoming* dan *Outgoing Cubicle* genset yang digunakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_n \text{ Genset} &= \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos\phi} \\ &= \frac{440}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8} = 0,836 \text{ kA} = 836 \text{ A} \end{aligned}$$

Karena faktor aman genset sebesar 80% maka:

$$\begin{aligned} \text{Faktor Aman} &= I_n \text{ genset} \times 80\% \\ &= 836 \times 80\% = 668,8 \text{ A} \end{aligned}$$

Maka pengaman yang digunakan yaitu:

$$ACB = 150\% \times 668,8 \text{ A} = 1003,2 \text{ A}$$

Setelah rating pengaman *incoming* genset setiap unit didapat, langkah selanjutnya yaitu menentukan rating pengaman *outgoing* 2 unit genset sinkron atau paralel.

$$ACB \text{ paralel genset} = 2 \times 1003,2 = 2006,4 \text{ A}$$

Setelah melakukan perhitungan, didapat arus pengaman genset per unit sebesar 1003,2 A dan kemampuan pengaman 2 unit genset paralel sebesar 2006,4 A. Apabila kita lihat pada gambar *single line diagram* kelistrikan gedung, *incoming cubicle* pengaman genset per unit menggunakan ACB dengan rating sebesar 1000 A dan untuk *outgoing cubicle* pengaman genset paralel menggunakan ACB dengan rating sebesar 2000 A. Hal ini berarti, rating pengaman genset per unit dan genset paralel terdapat perbedaan perhitungan, namun perbedaan selisih perhitungannya hanya sedikit yaitu sebesar 3,2 – 6,4 A. Sistem pengaman genset sudah dapat dikatakan cukup sesuai untuk sistem back-up gedung JT Mall Yogyakarta. Namun lebih baik standar pengaman arus yang digunakan harus lebih besar dari arus yang terhitung agar faktor keamanan lebih terjamin. Pengaman yang digunakan untuk *incoming cubicle* genset per unit seharusnya sebesar 1250 A dan pengaman untuk paralel *outgoing cubicle* genset sebesar 2500 A.

4.2.6 Pemilihan Penghantar Genset

Perancangan kapasitas genset memerlukan peralatan pendukung seperti penghantar untuk mengalirkan arus listrik, maka dari itu perlu dilakukan perhitungan pemilihan penghantar. Perhitungan pemilihan penghantar genset yang digunakan 115% sebagai faktor pengali dari arus nominal (I_n) genset, yang berdasarkan acuan PUIL 2000 pasal 5.6.1.3 pada *sizing cable calculation*.

Dalam menghitung KHA dapat diketahui dengan persamaan berikut:

- a. KHA setiap genset ke *incoming cubicle*

$$\begin{aligned} KHA &= 115\% \times I_n \text{ Genset} \\ &= 115\% \times 669 \text{ A} \\ &= 769,4 \text{ A} \end{aligned}$$

Maka luas penampang kabel yang digunakan harus dengan KHA 769,4 A. Apabila kita lihat di *single line diagram* kelistrikan gedung, kabel yang digunakan yaitu NYY 3 (2 x 1C x 300 mm²) + (1 x 1C x 300 mm²). Dimana kabel tersebut telah sesuai dengan KHA 769.4 A. Karena menurut PUIL 2000, KHA kabel NYY 3 (2 x 1C x 300 mm²) + (1 x 1C x 300 mm²) yang digunakan yaitu sebesar 1180 A untuk fasa dan 707 A untuk netral.

- b. KHA genset sinkron dari *Outgoing cubicle* ke busbar PDTR.

$$\begin{aligned} KHA &= 115\% \times 2(I_n \text{ Genset}) \\ &= 115\% \times 1338 \text{ A} \\ &= 1538,7 \text{ A} \end{aligned}$$

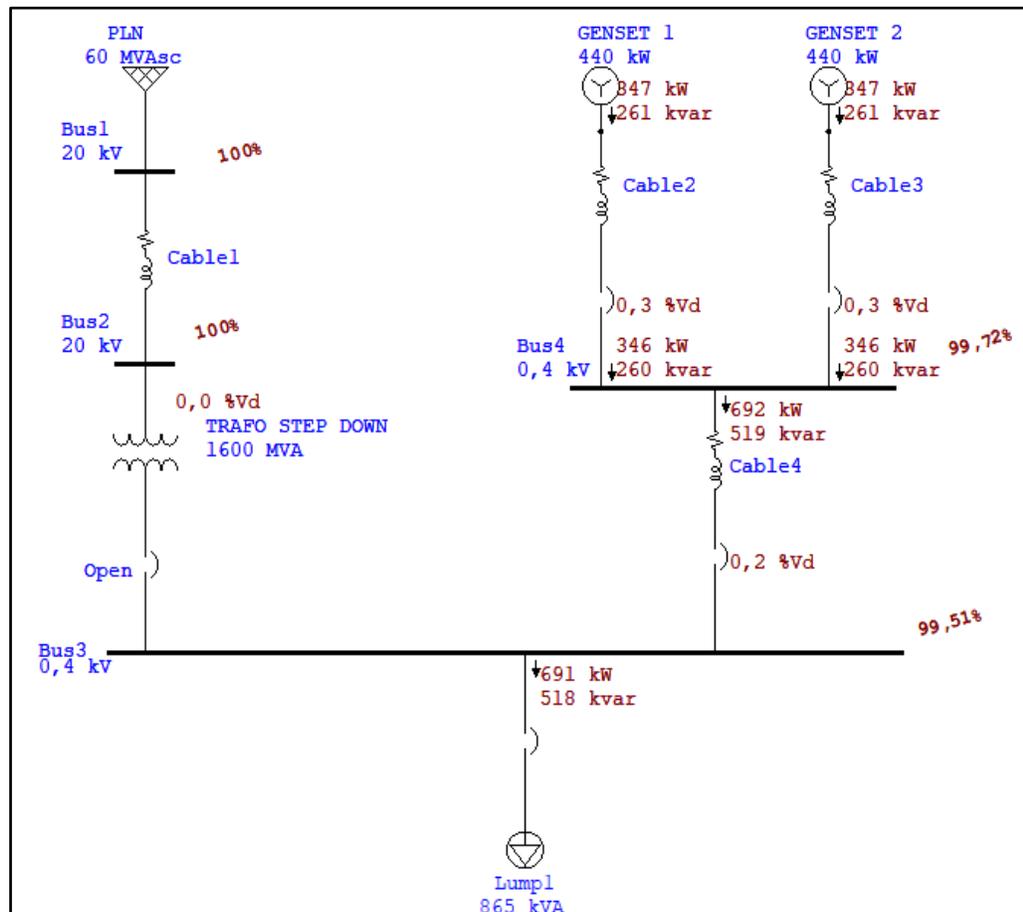
Berdasarkan perhitungan, luas penampang kabel yang digunakan harus dengan KHA 1922,8 A. Apabila kita lihat di *single line diagram* kelistrikan gedung, kabel yang digunakan yaitu NYY 3 (4 x 1C x 300 mm²) + (2 x 1C x 300 mm²) + BC 70 mm². Dimana kabel penghantar tersebut sudah sesuai dengan KHA 1538,7 A. Karena menurut PUIL 2000, KHA kabel NYY 3 (4 x 1C x 300 mm²) + (2 x 1C x 300 mm²) + BC 70 mm² yang digunakan yaitu sebesar 1844 A untuk fasa dan 1180 A untuk netral.

4.2.7 Analisa Kemampuan Genset Terhadap Beban dengan Simulasi ETAP

12.6.0

Langkah pengujian yang dilakukan yaitu dengan mengamati aliran arus dan daya *output* dari genset terhadap beban. Langkah pertama yang dilakukan yaitu membuat diagram *single line* sistem kelistrikan gedung JT Mall Yogyakarta menggunakan software ETAP *PowerStation* 12.6.0. Pada simulasi ini beban yang digunakan untuk pengujian yaitu beban total yang terpasang pada gedung JT Mall Yogyakarta dan beban yang terukur ketika genset bekerja. Dimana besarnya total beban yang terpasang yaitu 865 kVA dan beban ketika genset bekerja yaitu 454 kVA. Simulasi dilakukan dengan membuka *circuit breaker* atau memutuskan rangkaian listrik dari PLN, dan menutup *circuit breaker* atau menghubungkan rangkaian listrik dari sistem back-up genset.

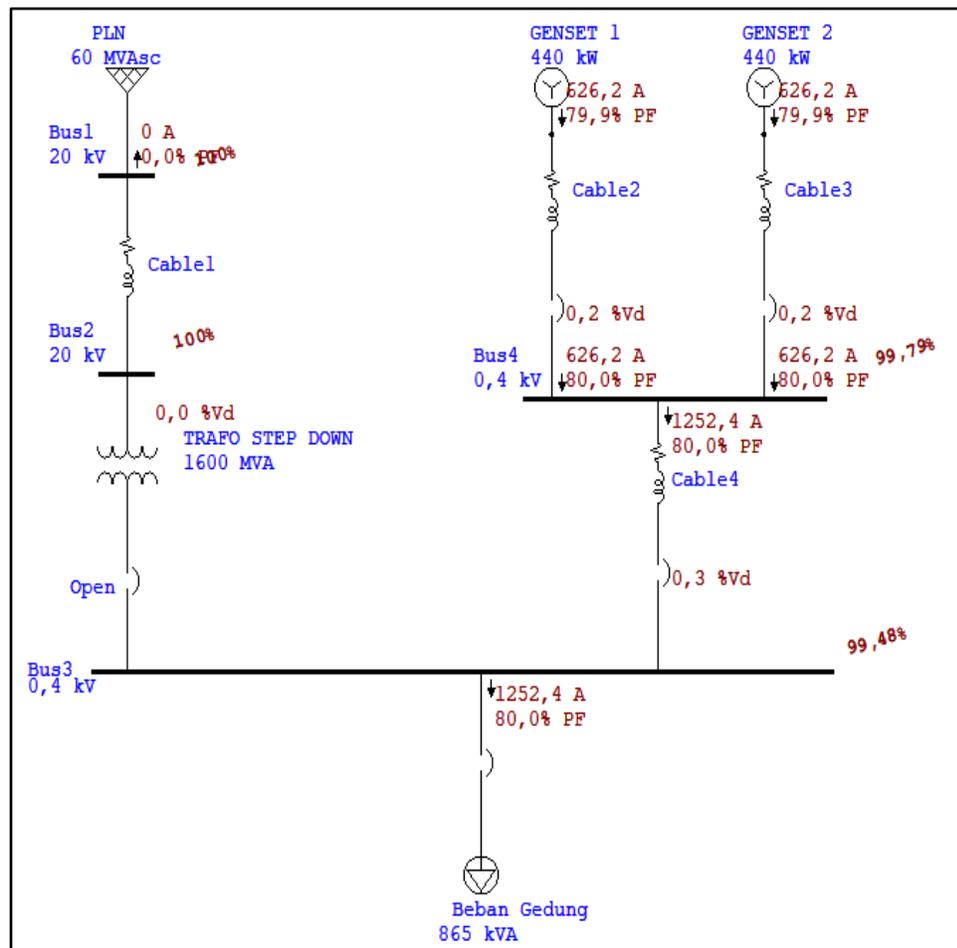
a. Simulasi pertama yaitu mengetahui *load flow* daya ketika genset bekerja dengan beban total gedung 865 kVA. Adapun *load flow* daya yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Simulasi Load Flow dengan beban total gedung 865 kVA

Dari simulasi *Load flow* di atas, dalam kondisi sinkron genset 1 dan genset 2 *output* dayanya sebesar 692 kW dan tidak terjadi peringatan *overload* di *critical analisis* pada program ETAP. Maka dapat dikatakan kedua genset sudah mampu *memback-up* total beban gedung yakni sebesar 865 kVA.

b. Simulasi kedua yaitu menganalisa *load flow* arus ketika genset bekerja dengan beban total gedung 865 kVA. Adapun *load flow* arus yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.5.

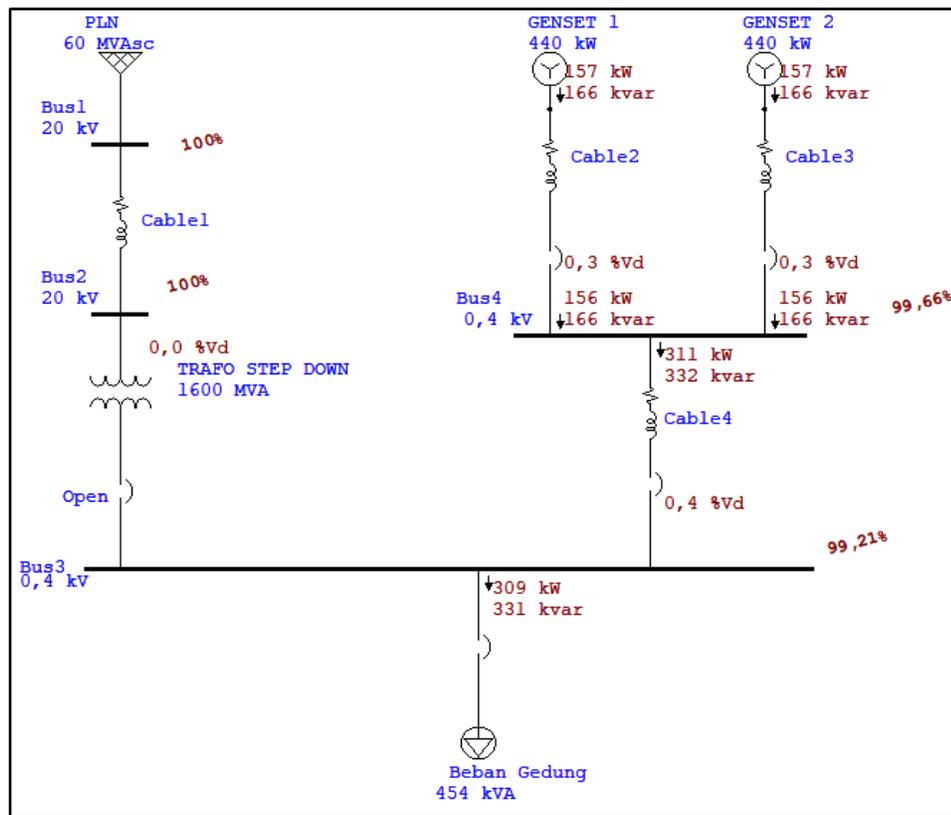


Gambar 4.5. Simulasi Load Flow arus dengan beban total gedung 865 kVA

Dari simulasi *Load flow* di atas, arus yang mengalir dari masing-masing genset sebesar 626,2 A menuju ke busbar 0,4 kV. Setelah genset diparalel dalam kondisi sinkron, arus yang mengalir sebesar 1252,4 A. Dari simulasi ini dapat

kita simpulkan bahwasanya rating penghantar dan pengaman yang digunakan sudah sesuai standar kemampuan hantar arus menurut acuan PUIL 2000 dan sudah mampu mensuplai energi listrik apabila terjadi pemadaman listrik dari PLN.

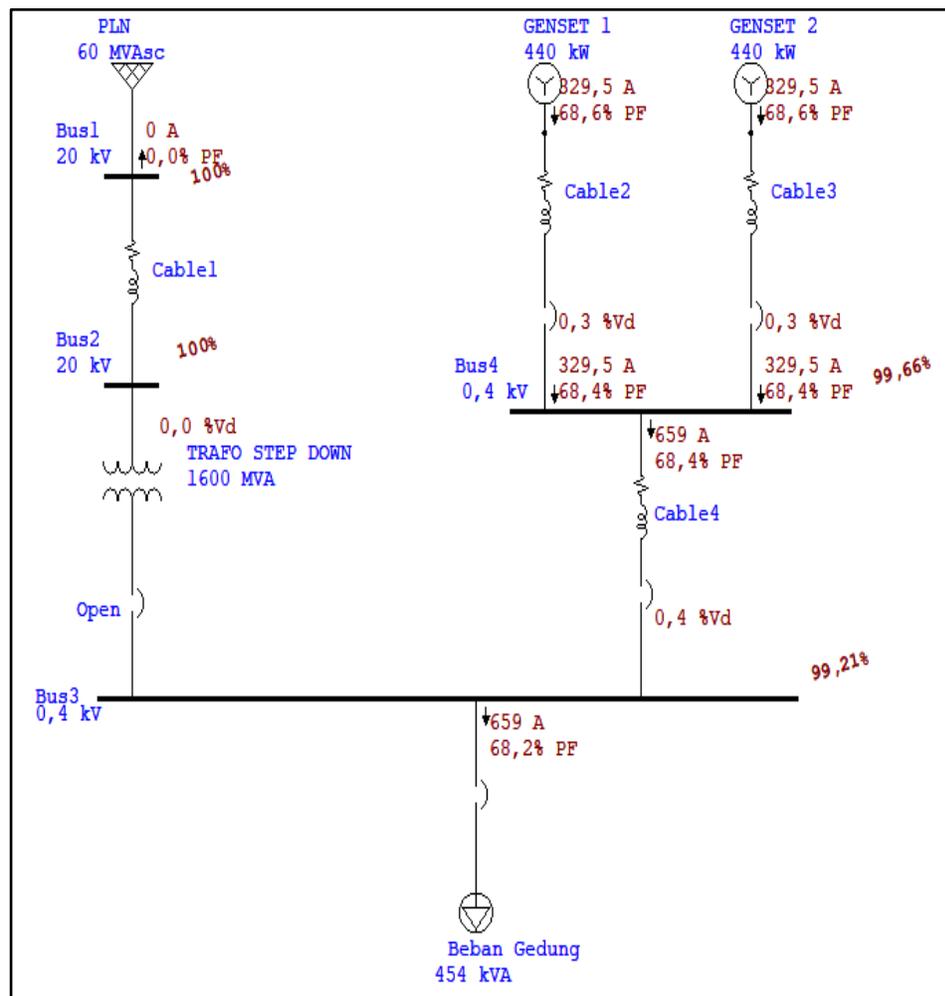
- c. Simulasi yang ketiga yaitu menganalisa *load flow* daya ketika terjadi pemadaman energi listrik dari PLN dan genset bekerja untuk mensuplai beban gedung sebesar 454 kVA/310 kW selama satu jam. Adapun *load flow* daya yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Simulasi Load Flow dengan beban gedung 454 kVA

Dari gambar simulasi di atas daya output masing-masing genset yaitu sebesar 157 kW dan kedua genset mampu mem-*backup* kebutuhan energi listrik gedung sebesar 454 kVA/310 kW ketika terjadi pemadaman listrik PLN.

- d. Simulasi berikutnya yaitu, menganalisa *load flow* arus ketika genset bekerja dengan beban gedung 454 kVA/310 kW selama satu jam. Analisa *load flow* arus dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Simulasi Load Flow arus dengan beban total gedung 454 kVA

Dari simulasi *load flow* arus diatas, arus *output* masing-masing genset hanya sebesar 329,5 A dan arus genset dalam kondisi sinkron sebesar 659 A. Dari simulasi di atas dapat dikatakan dengan total beban gedung 454 kVA/310 kW, *sistem back-up* energi listrik gedung JT Mall Yogyakarta sudah dapat bekerja dengan baik dan dapat mem *back-up* energi listrik ketika terjadi pemadaman dari PLN pada tanggal 1 Januari 2018.