

ANALISIS EVALUASI KAPASITAS GENSET SEBAGAI SISTEM BACK-UP ENERGI LISTRIK DI GEDUNG JOGJATRONIK MALL YOGYAKARTA

Oleh:

Muhammad Safe'i-20140120151¹, Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.², Muhammad Yusvin Mustar, S.T., M.Eng.³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Email: Msyafii273@gmail.com¹, Ramadoni@umy.ac.id², Yusvinmustar@gmail.com³

ABSTRAK

Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik, gedung Jogjatronik Mall Yogyakarta menggunakan energi listrik yang berasal dari PLN. Akan tetapi suplai energi listrik dari PLN tidak mampu secara terus-menerus menyediakan energi listrik tanpa adanya gangguan. Sehingga, untuk mengantisipasi hal tersebut, maka perlu adanya sistem back-up energi listrik berupa generator set (GenSet) agar energi listrik untuk kebutuhan gedung tetap terjaga. Karena sistem *back-up* energi listrik gedung Jogjatronik Mall Yogyakarta sudah bekerja cukup lama, maka perlu adanya evaluasi dan analisa kembali sistem *back-up* gedung untuk menunjang kehandalan sistem. Analisa dilakukan dengan melakukan perhitungan dibantu dengan program simulasi ETAP 12.6.0. Dari hasil perhitungan, komponen sistem genset gedung masih sesuai dengan acuan PUIL 2000. Akan tetapi, untuk efisiensi genset masih terbilang rendah yaitu hanya 45,45%, dikarenakan pembebanan genset yang rendah. Dari hasil simulasi, beban yang harus disuplai oleh genset adalah 865 kVA dan kapasitas genset yang digunakan yaitu sebesar 880 kVA. Dalam hal ini, kinerja genset masih dalam batas kemampuan.

Kata Kunci: Distribusi energi listrik, sistem back-up genset, generator, Instalasi listrik tenaga, PUIL.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang demikian pesat membuat energi listrik menjadi sangat penting bagi manusia. Namun, seiring meningkatnya kebutuhan energi listrik dan tidak dibarengi

dengan penambahan unit pembangkit menyebabkan perusahaan yang mengelola kilistrikan seperti PLN dan perusahaan pengelola kelistrikan lain memutus aliran listrik ke beban-beban tertentu dalam rangka menjaga kualitas tenaga listrik yang

dikelolanya. Karena kondisi inilah yang memaksa masyarakat untuk memasang sumber tenaga listrik cadangan pada suatu gedung atau bangunan yaitu suatu unit *generator set* (genset).

Gedung Jogjatronik Mall (JT Mall) Yogyakarta berlokasi di jalan Brigjen Katamso No. 75-77, Prawirodirjan, Gondomanan, Kota Yogyakarta. Bangunan gedung terdiri dari 5 lantai dengan kebutuhan beban listrik yang berbeda-beda setiap lantainya. Sumber utama energi listrik yang digunakan berasal dari PLN dan peralatan *emergency genset diesel*. Dengan kondisi gedung yang berumur lebih dari 10 tahun, maka sangat mungkin terjadi penurunan efisiensi pada peralatan sistem *back-up* energi listrik. Maka dari itu, analisis dan evaluasi sistem *back-up* gedung perlu dilakukan untuk memperoleh kualitas distribusi energi listrik gedung Jogjatronik mall untuk masa yang akan datang. Analisis yang dilakukan yaitu dengan menganalisa kembali sistem *back-up* gedung serta efisiensi genset yang digunakan. Dengan dilakukan hal tersebut diharapkan terjadinya faktor keadalan pada sistem *back-up* gedung dengan energi listrik yang terus ada. Analisa perhitungan kembali sistem *back-up* energi listrik ini tentunya dengan memenuhi standar dan spesifikasi menurut (Peraturan Umum Instalasi Listrik) PUIL 2000.

2. TUJUAN

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain yaitu:

- 2.1 Menganalisis total daya listrik yang terpasang pada gedung JT Mall Yogyakarta.
- 2.2 Menganalisis kebutuhan genset terpasang, apakah suplai energi listrik dari genset untuk kebutuhan beban gedung JT Mall sudah terpenuhi.
- 2.3 Menganalisis nilai efisiensi dan laju penggunaan bahan bakar genset yang digunakan pada gedung JT Mall Yogyakarta.
- 2.4 Memberikan rekomendasi terbaik terhadap sistem *back-up* genset pada gedung JT Mall Yogyakarta.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Observasi. Dimana penulis melakukan observasi secara langsung di lapangan dan mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk dianalisa.

Lokasi yang dipilih sebagai tempat penelitian dan pengumpulan data adalah gedung Jogjatronik Mall Yogyakarta. Dengan objek yang diteliti yaitu sistem back-up energi listrik gedung. Beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu : *Diagaram single line* kelistrikan gedung, data kontrol arus pada panel PDTR

bulan maret 2018, data spesifikasi generator set (GenSet), data *output* daya genset ketika sedang bekerja. Data-data ini yang nantinya akan digunakan untuk bahan analisis.

Analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan dan dibantu dengan simulasi *software* ETAP 12.6.0 *Power Analysis* agar didapat kesimpulan yang lebih maksimal. Hasil dari perhitungan dan simulasi kemudian dibandingkan dengan batasan standar dari Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Menentukan Kapasitas Daya Genset

Untuk menentukan kapasitas daya genset maka data yang digunakan adalah data kontrol ampere meter pada panel PDTR. Dari data tersebut, beban maksimum harian tertinggi pada bulan maret 2018 terjadi pada hari jum'at tanggal 23 Maret 2018, arus maksimum yang tercatat adalah sebesar 1065 A, sehingga 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:

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

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:

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

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

4.2 Menentukan Rating Kinerja Genset

Genset yang digunakan di gedung JT Mall Yogyakarta sebanyak 2 unit dengan

kapasitas masing-masing unit 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:

Rating kinerja genset sinkron (S)

$$= \text{Kapasitas daya} \times 2 \text{ Unit} \times 0,8$$

$$= 550 \text{ kVA} \times 2 \text{ Unit} \times 0,8$$

$$= 880 \text{ kVA}$$

Rating kinerja genset sinkron (P)

$$= \text{Kapasitas daya} \times 2 \text{ Unit} \times 0,8$$

$$= 440 \text{ kW} \times 2 \text{ Unit} \times 0,8$$

$$= 704 \text{ kW}$$

Maka, Besar rating kinerja daya genset sinkron setelah dilakukan perhitungan adalah sebesar 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, 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 setudi kasus dari data yang tercatat, bahwa arus pada panel PDTR tertinggi terjadi

pada hari jum'at 23 maret 2018 yaitu sebesar 1065 A.

Dari arus 1065 A, maka dayanya yaitu sebesar:

$$P_{(kW)} = \sqrt{3} \times I \times V \times Pf$$

$$= \sqrt{3} \times 1065 \times 380 \times 0,8$$

$$= 560,77 \text{ kW}$$

$$S_{(kVA)} = \frac{P}{pf} = \frac{560,77}{0,8}$$

$$= 700,96 \text{ kVA}$$

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.

4.3 Analisa Efisiensi Genset

Perubahan output daya yang dihasilkan dalam waktu tertentu ketika genset bekerja yaitu:

- Saat kedua genset bekerja selama 30 menit, total daya terserap oleh beban sebesar 273 kW.
- 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 dalam kondisi 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:

$$\begin{aligned} \% \eta &= \frac{P \text{ Output}}{P \text{ Input}} \times 100\% \\ &= \frac{140}{352} \times 100\% \\ &= 39,77\% \end{aligned}$$

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 dalam kondisi sinkron dengan daya 310 kW selama 60 menit adalah:

$$\begin{aligned} \% \eta &= \frac{P \text{ Output}}{P \text{ Input}} \times 100\% \\ &= \frac{310}{704} \times 100\% \\ &= 44,03\% \end{aligned}$$

Efisiensi setiap generator selama 60 menit:

$$\begin{aligned} \% \eta &= \frac{P \text{ Output}}{P \text{ Input}} \times 100\% \\ &= \frac{160}{352} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 45,45\%$$

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. Hal ini dikarenakan pembebanan pada generator yang tidak maksimal.

4.4 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:

$$\text{➤ Genset}_1 = 133 \text{ kW}$$

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

$$\text{➤ Genset}_2 = 140 \text{ kW}$$

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

Beban ketika kedua genset tersebut posisi paralel/sinkron 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:

$$\text{➤ Genset}_1$$

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

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

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

➤ Genset_2

$$\begin{aligned} Q_1 &= k \times P \times t \\ &= 0,21 \times 175 \times 0,5 \\ &= 18,38 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan bahan bakar untuk pemakaian secara paralel selama 30 menit dua unit genset:

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

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:

$$\begin{aligned} P &= P \text{ Genset}_1 + P \text{ Genset}_2 \\ &= 150 + 160 = 310 \text{ kW} \end{aligned}$$

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

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

➤ Genset_1

$$\begin{aligned} Q_1 &= k \times P \times t \\ &= 0,21 \times 187,5 \times 1 \\ &= 39,37 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

➤ Genset_2

$$\begin{aligned} Q_1 &= k \times P \times t \\ &= 0,21 \times 200 \times 1 \\ &= 42 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

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

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

4.5 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 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:

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

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/paralel.

ACB paralel genset

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

4.6 Pemilihan Penghantar Genset

Perhitungan pemilihan penghantar *outgoing* genset yang digunakan 115% sebagai faktor pengali dari arus nominal (*In*) 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*

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

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.

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

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.

4.7 Analisa Kemampuan Genset Terhadap Beban dengan Simulasi ETAP 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 *Open circuit breaker* atau memutus rangkaian listrik dari PLN, dan menutup *Close 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/692 kW. Adapun *load flow* daya yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.4.

Dari simulasi *Load flow* gambar 4.4, kondisi sinkron genset 1 dan genset 2 mengeluarkan daya sebesar 692 kW/865 kVA dan tidak terjadi peringatan *overload* di *critical analysis* pada program ETAP. Maka dapat dikatakan kedua genset sudah mampu memback-up total beban gedung yakni sebesar 692 kW.

- b. Simulasi kedua yaitu menganalisa *load flow* arus ketika genset bekerja dengan beban total gedung 865 kVA/692 kW. Adapun *load flow* arus yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.5.

Dari simulasi *Load flow* gambar 4.5, 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 sudah sesuai standar kemampuan hantar arus menurut acuan PUIL 2000 dan sudah mampu mensuplai

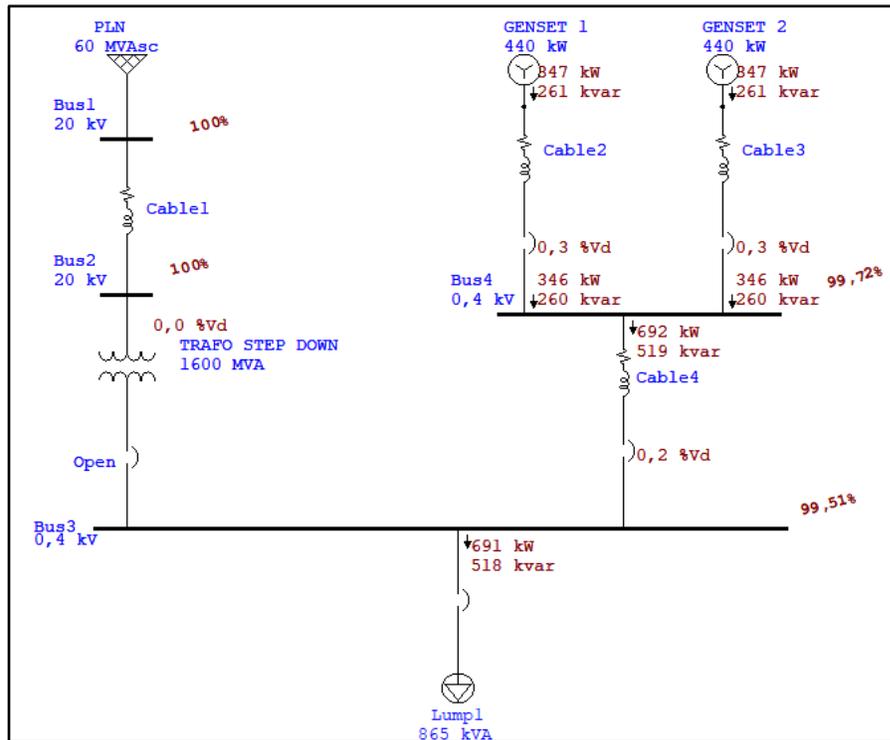
energi listrik apabila terjadi pemadaman listrik dari PLN.

- 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* arus dan daya yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.6.

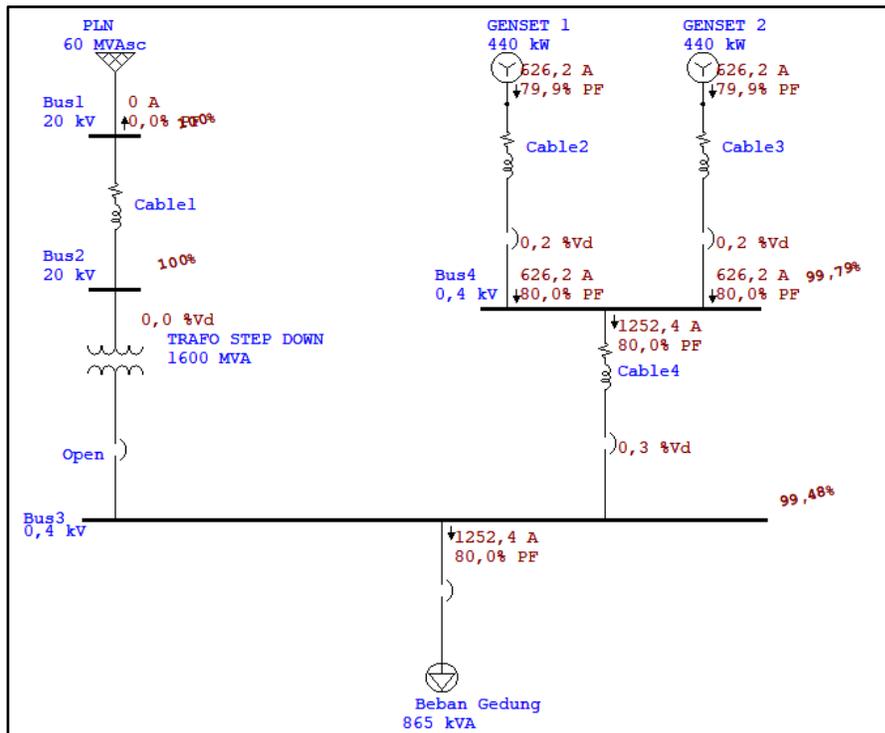
Dari gambar simulasi 4.6, daya output masing-masing genset yaitu sebesar 157 kW dan kedua genset mampu memback-up kebutuhan energi listrik gedung sebesar 454 kVA/310 kW.

- 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.

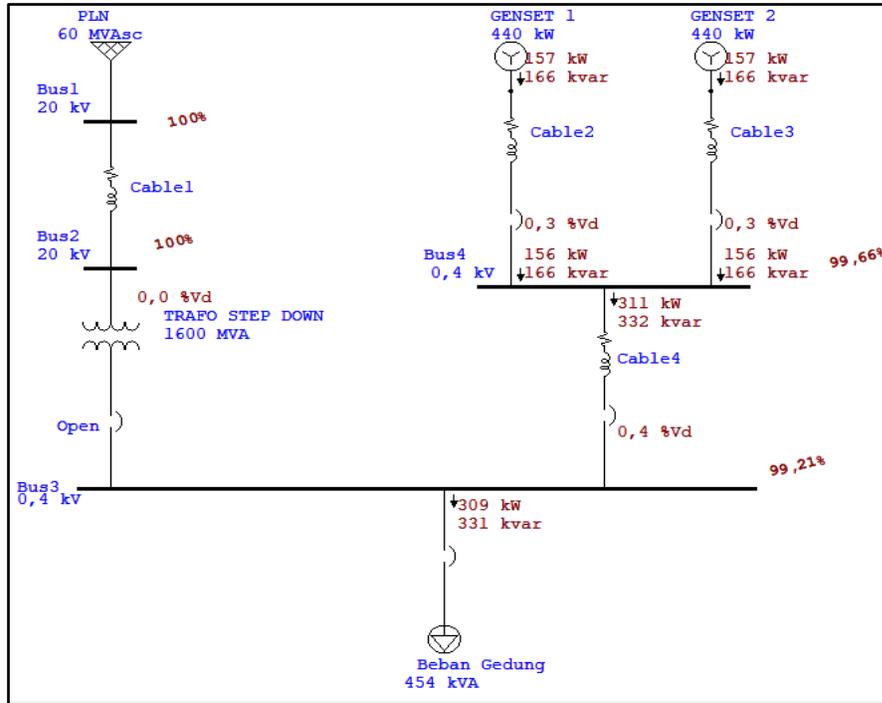
Dari simulasi *load flow* pada gambar 4.7, arus *output* masing-masing genset hanya sebesar 329,5 A dan arus genset dalam kondisi sinkron sebesar 659 A. Dari simulasi di atas dapat dikatakan dengan total beban gedung 454 kVA/310 kW, *sistem back-up* energi listrik gedung JT Mall Yogyakarta sudah dapat bekerja dengan baik dan dapat memback-up energi listrik ketika terjadi pemadaman dari PLN pada tanggal 1 Januari 2018.



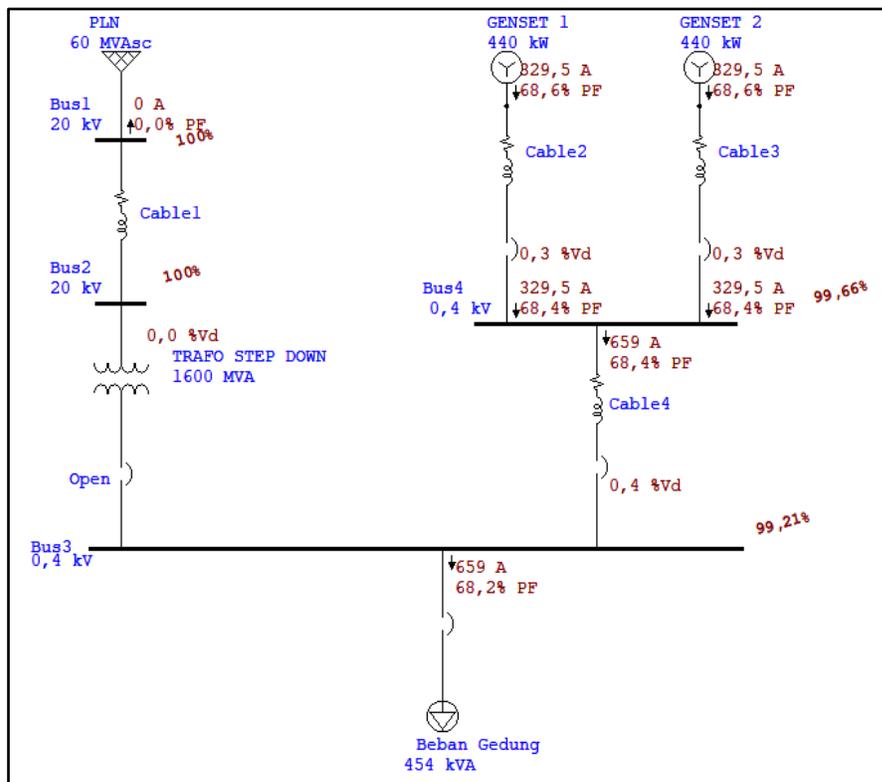
Gambar 4.4. Simulasi Load Flow dengan beban total gedung 865 kVA



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



Gambar 4.6. Simulasi Load Flow dengan beban gedung 454 kVA



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

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tugas akhir yang telah dilakukan, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Total beban terpasang di gedung JT Mall Yogyakarta sebesar 691 kW atau 865 kVA. Untuk pemakaian beban puncak tertinggi yang terjadi pada bulan maret 2018 sebesar 560,77 kW. Hal ini menunjukkan bahwa pada bulan maret, beban yang ada pada gedung JT Mall Yogyakarta tidak digunakan secara keseluruhan.
- b. Kapasitas daya genset setelah dilakukan perhitungan yaitu harus sebesar 700,52 kW. Adapun genset yang digunakan yaitu sebanyak 2 unit dengan kapasitas daya 704 kW. Dapat dikatakan kapasitas genset yang ada sudah sesuai dan dapat mem *back-up* kebutuhan daya listrik gedung JT Mall Yogyakarta apabila terjadi pemadaman listrik dari PLN.
- c. Efisiensi generator ketika genset bekerja selama 60 menit pada gedung JT Mall Yogyakarta masih terbilang rendah yaitu sebesar 45,45% . Hal tersebut dikarenakan, ketika generator bekerja pembebanan pada generator juga rendah yaitu 46,24% dari total beban gedung 692 kW. Efisiensi Generator akan semakin baik apabila generator dibebani sampai dengan beban maksimum generator yang diberikan.
- d. Laju penggunaan bahan bakar genset masih sesuai dengan spesifikasi genset yang ada. Dimana ketika dua genset dibebani 44,79% selama 60 menit hanya menggunakan solar sebanyak 81,37 liter/jam.
- e. Rating pengaman ACB yang digunakan pada *outgoing* genset ke busbar panel PDTR memiliki rating 1000 A untuk satu unit genset dan 2000 A untuk dua unit genset sinkron sudah sesuai dengan perhitungan nilai kemampuan pengaman menurut acuan PUIL 2000. Namun terdapat sedikit selisih perbedaan perhitungan, yaitu sebesar 3,2 – 6,4 A . Dapat dikatakan pengaman sudah mampu bekerja dengan baik.
- f. Penghantar yang dipilih untuk *outgoing* masing-masing genset dengan KHA 2 x 590 A telah memenuhi syarat kemampuan hantar arus minimal 769,4 A dan penghantar untuk dua unit genset sinkron menuju ke busbar panel PDTR dengan KHA 4 x 481 A telah memenuhi syarat kemampuan hantar arus minimal 1538,7 A.
- g. Dari hasil simulasi dengan program ETAP Power Station 12.6.0, beban terbesar yang harus disuplai oleh dua unit genset adalah 692 kW dengan arus 1252,4 A. Untuk hasil simulasi yang kedua yaitu ketika listrik PLN padam beban yang harus disuplai oleh dua unit genset hanya 311 kW dengan arus 659 A. Dari hasil simulasi ini, sistem back-

up yang digunakan oleh gedung JT Mall Yogyakarta sudah dapat bekerja dengan baik.

5.2 Saran

Setelah menyelesaikan penelitian di gedung JT Mall Yogyakarta, maka di dalam laporan ini penyusun mencantumkan beberapa saran yang mungkin dapat membangun. Adapun saran yang diberikan penulis adalah sebagai berikut:

- a. Sebelum melakukan perancangan dan instalasi sistem *back-up* genset, sebaiknya terlebih dahulu melakukan perhitungan dengan standar yang sesuai peraturan PUIL 2000.
- b. Selalu melakukan audit dan evaluasi kebutuhan beban pada gedung secara berkala agar kapasitas genset yang digunakan selalu sesuai dengan beban gedung.
- c. Selalu memperhatikan kondisi genset yang digunakan. Agar tidak terjadi gangguan pada sistem *back-up emergency* energi listrik dan keandalan distribusi listrik tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

Anggoro, Bayu, “*Pemilihan Kapasitas dan Tegangan Generator Diesel*

Container Crane Studi Kasus Terminal Peti Kemas Semarang”, Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.

Apriliawati. H, 2007. “*Perancangan Unit Instalasi Genset di PT. Aichi Tex Indonesia,*”, Tugas Akhir, Bandung, Politeknik Bandung.

Ardian, Affan. 2009. “*Analisis Sistem Suplai Daya Listrik Tenaga Pada Gedung PT. Smart Telkom.*” Skripsi. Depok, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Arismunandar, W dan Tsuda, Koichi, 1983, *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Jakarta, Indonesia, Penerbit Pradaya Paramitha.

Dekri Septiano dkk, 2016. “*Studi Perencanaan Pemasangan Genset Emergency Pada Gedung C Fakultas Teknik Universitas Riau*”, Skripsi, Pekanbaru Riau.

E.Fitzgerald A, dkk, 1997, *Mesin-Mesin Listrik Edisi Keempat*, Jakarta, Indonesia, Penerbit Erlangga.

Fikri Rosyidi Anang, 2017. “*Analisis Stabilitas Distribusi Listrik Pada Sistem Back-up Gedung F Kampus Terpadu UMY*”, Yogyakarta, Indonesia

- Mahon, L.L.J *Diesel Generator Handbook*, Butterwort-Heinemann Ltd, Wellington, 1992.
- Marsudi, Djiteng,. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Yogyakarta, Indonesia: Penerbit Graha Ilmu.
- Marsudi Djiteng, 2011, *Pembangkitan Energi Listrk Edisi Kedua*, Jakarta, Indonesia, Penerbit Erlangga.
- M.S Dionysius, “*Perencanaan Power Management System Pada Kapal Penumpang*”, Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Tugas Akhir, Undip, 2014.
- Niedle, Michael. 1991. *Teknologi Instalasi Listrik*. Jakarta, Indonesia: Penerbit Erlangga.
- Novio Mahendra Purnomo, 2015. “*Studi Keandalan Sistem Tenaga Listrik Bandar Internasional Ahmad Yani Semarang*”,Skripsi, Undip, Semarang, Indonesia.
- Panitia PUIL. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Yayasan PUIL: Jakarta, Indonesia.
- Prasetyo Sabto Budi, 2013. “*Studi Perancangan Instalasi Genset Gedung Baru PT.AT INDONESIA*”, Tugas Akhir, Semarang, Universitas Diponegoro.
- PT PLN JASDIKLAT, *Generator*, PT PLN Persero, Jakarta, 1997.
- Purba Rolan Hares Ben Imanuel, dkk, “*Analisis Optimasi Penentuan Kapasitas Daya Generator Pada Kapal KM.SINABUNG*”, Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, 2015.
- Rahayu Anita, 2016, “*Studi Perancangan Kapasitas Genset Sebagai Catu Daya Cadangan pada Power Station 3 Bandara Soekarno-Hatta*”, Tugas Akhir, Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.
- Sofwan, A, 2010, “*Studi Perancangan Kapasitas Genset Sebagai Cadangan Pada PT. Inti Kimiatama Perkasa*”, Skripsi, Medan, Universitas Sumatera Utara.
- Sryatmo. F, 1984. *Teknik Listrik Motor dan Generator Arus Bolak Balik*, Jakarta, Indonesia, Penerbit Gramedia.
- Staff Pengajar Teknik Elektro Politeknik Negeri Banjarmasin, 2014, “*Power Mangement PLN-Genset Pada Bank Indonesia Cabang Banjarmasin*”, Jurnal Poros Teknik, Banjarmasin, Indonesia.
- Sumanto, 1996. *Mesin Sinkron (Generator Sinkron dan Motor Sinkron)*, Yogyakarta, Indonesia, Penerbit Andi.
- Suswanto Daman, 2016, “*Sistem Distribusi Tenaga Listrik*”, PDF file.

- Syahputra, R., 2012, *“Distribution Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik”*, LP3M UMY, Yogyakarta, Indonesia, 2012.
- Syahputra, R., Soesanti, I. 2015 *“Control of Synchronous Generator in Wind Power System Using Neuro-Fuzzy Approach”*, Proceeding of International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE) 2015, UNESA Surabaya, Indonesia.
- Syahputra, R., 2012, *“Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik”*, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Syahputra, R., Ashari, M, Robandi, I. (2014). *“Optimal Distribution Network Reconfiguration with Penetration of Distributed Energy Resources”*, Proceeding of 2014 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014, UNDIP Semarang, pp.388-393.
- Watiningsih Tri, dkk, 2014. *Pembangkit Tenaga Listrik*, Yogyakarta, Indonesia, Penerbit Graha Ilmu.
- www.daewoo.com
- Zuhal, 1991, *Dasar Tenaga Listrik*, Bandung, Indonesia, Penerbit ITB.