

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Teknik

Sistem kelistrikan Gedung F terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta berkapasitas 1250 Kva di suplai dari PLN dan cadangan listrik (*back-up*) dari genset 500 Kva dan 700Kva. Sumber dari PLN langsung di ambil dari tegangan menengah 20kv dan di turunkan oleh trafo berkapasitas 1250 Kva. Sistem kelistrikan di pasang secara radial dan di pasang kompensasi daya reaktif dengan kapasitor bank di pasang di awan sumber agar kualitas daya maksimal.

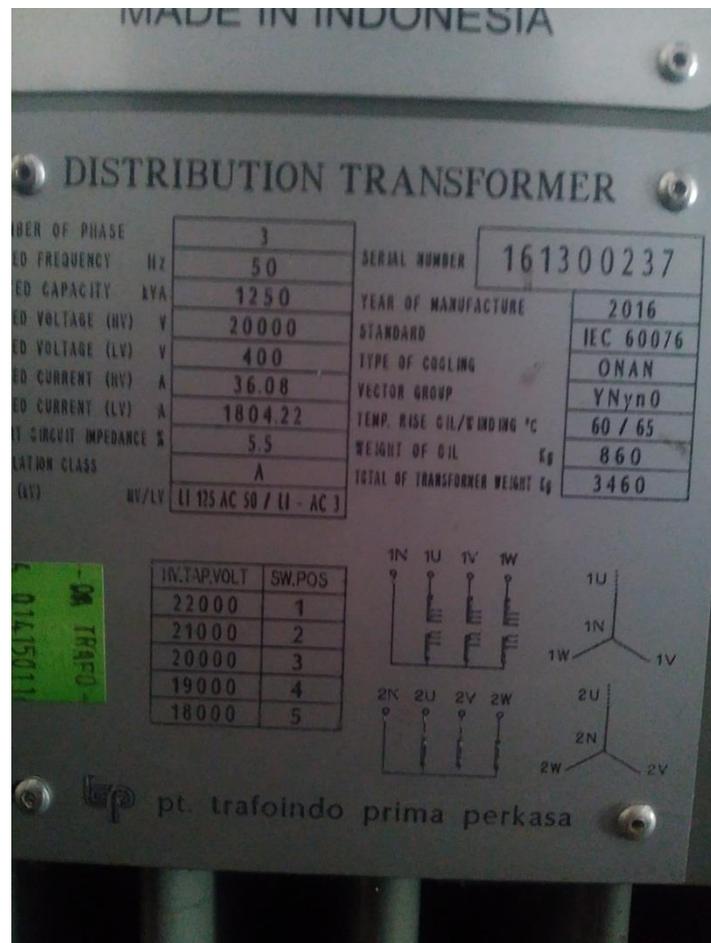
4.1.1 Transformator

Transformator yang digunakan sebelumnya berkapasitas 630 kVA dengan tegangan primer yang disuplai dari PLN 20 kV, dengan penambahan beban yang signifikan dan transformator lama yang digunakan dianggap sudah tidak mampu mensuplai beban yang dilayani maka transformator tersebut diganti dengan kapasitas 1250 kVA dengan merk TRAFINDO. Transformator ini merupakan transformator distribusi tiga fasa yang beroperasi dengan tegangan inputan 20 kV dengan frekuensi 50 Hz dan arus nominal (HV) sebesar 36,08 A.

Transformator ini dibuat pada tahun 2016, standard transformator disetarakan dengan standard IEC 60076. Jenis pendingin yang digunakan adalah tipe ONAN dengan temperatur oli/pendingin 60/65 oC. Tegangan sisi

sekunder transformator yaitu 400 V/50 Hz, dengan arus nominal 1804,22.

Impedansi transformator ini sebesar 5,5 %.



Gambar 4.1 Data Teknik Transformator
(Sumber: Dokumen pribadi)

4.1.2 Generator Set (*genset*)

Generator set yang ada adalah 2 Unit dengan engine Diesel merk CUMMINS dan *alternator* STAMFORD kapasitas 500 kVA dan 700kVA. Diesel genset akan digunakan diaplikasikan sebagai standby generator yang akan mem-back-up suplai ke beban jika terjadi pemadaman listrik oleh PLN dan terpasang dengan sistem

terpisah oleh kedua genset yang lain, dan hanya berfungsi satu unit karena belum adanya panel sinkronisasi Berikut spesifikasi nameplatnya:

Tabel 4.1 Spesifikasi Generator

No.	Specification	Genset 1	Genset 2
1.	Model	Cummins C550	Cummins c700
2.	Fuel	Diesel	Diesel
3.	SN Controller	PCC2100	PCC1301
4.	SN Engine	QSX15-G8	VTA28-G5
5.	SN Generator	X08k431393	X08k410116
6.	Voltage	230 / 400 V	220 / 380
7.	Current	721.7 A	1064 A
8.	Frequency	50 Hz	50 Hz
9.	RPM	1500 RPM	1500 RPM
10.	kVA	500 kVA	700 kVA
11.	kW	400 kW	560 kW
12.	pf	0.8	0.8
13.	Winding	Star Series	Star Series
14.	Stator WDG	311	311
15.	Insulation Class	H	H
16.	Excitation Voltage	43 V	44
17.	Excitation Current	2.5	2.6
18.	Max Temp Ambient	40 deg.	40 deg.
19.	AVR	AS440	MX341
20.	Enclosure	IP23	IP23



Gambar 4.2 Generator yang terpasang

(Sumber: Dokumen pribadi)

4.1.3 Gambaran Umum

Sistem distribusi tenaga listrik di gedung Fakultas Teknik UMY masuk pada sistem distribusi tegangan menengah, oleh karenanya sistem distribusinya menggunakan sistem distribusi model radial. Sumber-sumber suplai listrik berasal dari PLN utama dengan daya 1250 KVA yang di back-up oleh Genset dengan daya 500 KVA untuk menyuplai kebutuhan listrik di Fakultas teknik secara keseluruhan. penyaluran daya dari sumber-sumber di atas kemudian di salurkan ke main distribution panel (MDP) di ruang panel daya. Dari MDP daya kemudian di salurkan ke sub distribution panel (SDP), dalam hal ini SDP F1, F3, F4, G5 dan G6 yang melayani beban seperti: AC, Komputer, lampu penerangan, pompa air bersih

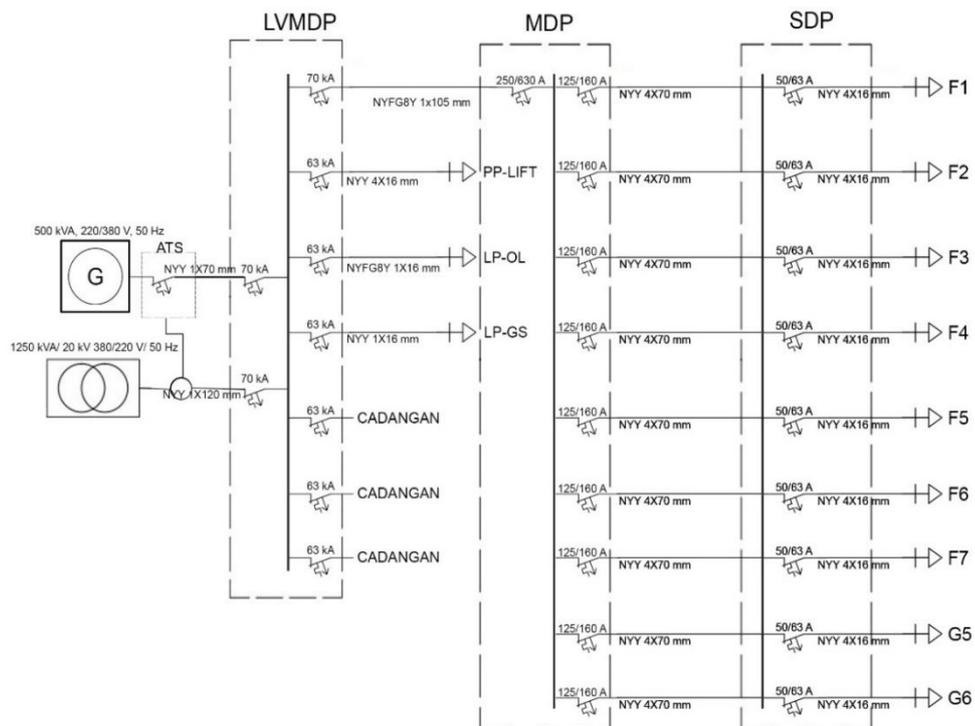
dan sebagainya. adapun mekanisme pengoperasian penyaluran dayanya adalah sebagai berikut:

a. Mekanisme 1 (kondisi normal)

Suplai utama PLN dengan daya 1250 KVA akan mensuplai seluruh kebutuhan beban harian

b. Mekanisme 2 (kondisi suplai PLN utama gagal)

Apabila suplai utama PLN 1250 KVA gagal beroperasi maka suplai akan di ambil alih oleh Genset 500 KVA yang merupakan sumber listrik cadangan dan perpindahannya di lakukan secara otomatis dengan panel Automatic Transfer Switch (ATS).



Gambar 4.3 Single line diagram Instalasi

4.1.4 Pengukuran Total Beban yang Digunakan yang Diukur pada Main Distribution Panel (MDP)

Sebelum memaparkan hasil pengumpulan data, data yang akan di kumpulkan berupa kebutuhan daya harian yang digunakan untuk perkuliahan. Titik pengukuran pada sisi keluaran transformator pada panel MDP. Data yang akan di paparkan berupa Arus yang mengalir, tegangan antar fase, daya aktif, daya reaktif dan daya semu data di paparkan secara acak di ambil sample dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data beban harian berdasarkan nilai voltase dan amper

Jam	Freq	Voltase			Amper		
		R	S	T	R	S	T
07.00	49.94	363.3	368.3	364.3	668.3	587.8	680.7
11.00	49.94	367.7	377.9	367.5	841.1	846.8	903.5
11.50	49.94	369.4	380.8	369.3	870.9	808.7	950.5
15.30	49.89	368.4	379.7	369.3	678.4	649.9	736.3
14.00	49.99	364.7	376.8	366	931.5	860.9	963.9
13.30	49.94	364.9	377.4	365.9	939.9	838.2	987.2

Tabel 4.3 Data beban harian berdasarkan nilai daya semu (s)

Jam	Freq	kW				Max kW/day
		R	S	T	TOTAL	
7	49.94	134.1	142.1	142.9	419.4	562.8
11	49.94	168.9	174.2	185.4	528.5	
11.5	49.94	177	166.5	196.3	539.8	
15.3	49.89	137.7	133.7	151.8	423.2	
14	49.99	186.7	176	198.4	561.1	
13.3	49.99	188.4	171.2	203.2	562.8	
RATA-RATA						505.8

Tabel 4.4 Data beban harian berdasarkan nilai daya Aktif (P)

Jam	Freq	kW				Max kW/day
		R	S	T	TOTAL	
7	49.94	134.1	142.1	142.9	419.4	562.8
11	49.94	168.9	174.2	185.4	528.5	
11.5	49.94	177	166.5	196.3	539.8	
15.3	49.89	137.7	133.7	151.8	423.2	
14	49.99	186.7	176	198.4	561.1	
13.3	49.99	188.4	171.2	203.2	562.8	
RATA-RATA						505.8

Tabel 4.5 Data beban harian berdasarkan nilai daya reaktif (Q)

Jam	Freq (Hz)	kVAR					Max kVAR/day
		R	S	T	Total	Cos ϕ	
07.00	49.94	50.6	56.6	44.1	151.4	0.95	175.1
11.00	49.94	56.5	59.5	54.7	170.7	0.95	
11.50	49.94	55.2	58.2	55.2	168.6	0.95	
15.30	49.89	42.5	48	43.8	134.3	0.95	
14.00	49.99	58.8	61.9	53.4	174.2	0.95	
13.30	49.94	59.6	61.7	53.7	175.1	0.95	
Rata – Rata							

Dari tabel beban di atas dapat menjadi acuan Analisa stabilitas aliran daya output generator.

4.2 Analisa

Generator (*Genset*) memiliki nilai efisiensi pada umumnya efisiensi berkisaran 80 % ~ 90 % jika kapasitas generator seperti pada lampiran 2.3.2 penggerak generator sebaiknya di bebani konstan yang menghasilkan efisiensi maksimum, kira-kira 80% beban dan lampiran 2.3.3 tentang rating genset. menganalisis kapasitas perangkat pengaman Generator terhadap beban.

4.2.1 perhitungan keluaran genset terhadap Beban

a. Genset_1

Kapasitas daya semu (S) 500 kva dan daya Aktif (W) 400 Kw dengan efisiensi maksimum 90%

$$In \ Genset_1 = 500 \text{ Kva} \times 0,90$$

$$S = 450 \text{ Kva}$$

$$In \ Genset_1 = 400 \text{ Kw} \times 0,90$$

$$P = 342 \text{ Kw}$$

Operasi generator terhadap, kapasitas Daya semu yang di butuhkan rata-rata 529.8 Kva dan saat beban puncak 589.8 Kva

$$\text{Beban Rata-rata} = (529.8 \text{ Kva} : 500 \text{ Kva}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 105.96 \%$$

$$\text{Beban Puncak} = (589.8 \text{ Kva} : 500 \text{ Kva}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 117.96 \%$$

Operasi generator terhadap, kapasitas Daya Aktif yang di butuhkan Rata-rata 505.8 Kw dan saat beban puncak 562.8 Kw.

$$\text{Beban Rata-rata} = (505.8 \text{ Kw} : 400 \text{ Kw}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 126.45 \%$$

$$\text{Beban Puncak} = (562.8 \text{ Kw} : 400 \text{ Kw}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 140.7 \%$$

b. Genset_2

Kapasitas daya semu (S) 700 kva dan daya Aktif (W) 500 Kw dengan efisiensi maksimum 90%

$$In \text{ Genset}_2 = 700 \text{ Kva} \times 0,90$$

$$S = 630 \text{ Kva}$$

$$In \text{ Genset}_2 = 500 \text{ Kw} \times 0,90$$

$$P = 450 \text{ Kw}$$

Operasi generator terhadap, kapasitas Daya semu yang di butuhkan rata-rata 529.8 Kva dan saat beban puncak 589.8 Kva

$$\text{Beban Rata-rata} = (529.8 \text{ Kva} : 700 \text{ Kva}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 75.6 \%$$

$$\text{Beban Puncak} = (589.8 \text{ Kva} : 700 \text{ Kva}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 84.3 \%$$

Operasi generator terhadap, kapasitas Daya Aktif yang di butuhkan Rata-rata 505.8 Kw dan saat beban puncak 568.7 Kw.

$$\text{Beban Rata-rata} = (505.8 \text{ Kw} : 500 \text{ Kw}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 101.16 \%$$

$$\text{Beban Puncak} = (568.7 \text{ Kw} : 500\text{Kw}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 113.74 \%$$

c. Parallel Genset (*sinkronisasi*)

Karena kebutuhan daya genset tidak memenuhi maka generator 1 dan 2 harus di parallel atau di sinkronkan

Tabel 4.6 Kapasitas Genset

	Output	
	Aktif (Kw)	Semu(Kva)
Genset_1	400	500
Genset_2	560	700
Parallel	960	1200

Setelah di parallel Kapasitas daya semu (S) 1200 kva dan daya Aktif (W) 960 Kw dengan efisiensi maksimum 90%

$$In \text{ Genset}_1 = 1200 \text{ Kva} \times 0,90$$

$$S = 1080 \text{ Kva}$$

$$In \text{ Genset}_2 = 960 \text{ Kw} \times 0,90$$

$$P = 864 \text{ Kw}$$

Operasi generator terhadap, kapasitas Daya semu yang di butuhkan rata-rata 529.8 Kva dan saat beban puncak 589.8 Kva

$$\text{Beban Rata-rata} = (529.8 \text{ Kva} : 1200 \text{ Kva}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 44.1 \%$$

$$\text{Beban Puncak} = (589.8 \text{ Kva} : 1200 \text{ Kva}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 49.1 \%$$

Operasi generator terhadap, kapasitas Daya Aktif yang di butuhkan Rata-rata 505.8 Kw dan saat beban puncak 562.8 Kw.

$$\text{Beban Rata-rata} = (505.8 \text{ Kw} : 960 \text{ Kw}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 52.7 \%$$

$$\text{Beban Puncak} = (562.8 \text{ Kw} : 960\text{Kw}) \times 100\%$$

$$\text{Beban Generator} = 59.25 \%$$

Dari Analisa sementara Generator 1 terhadap beban harian di dapat generator mengalami overload Karena kebutuhan beban puncak dan rata-rata lebih besar dari kapasitas genset. Beban daya aktif rata-rata 114.5% lebih besar 14.5% dan beban puncak 142.2% lebih besar 42.2% . dengan kapasitas yang ada maka generator tidak dapat beroperasi

Generator 2 terhadap beban harian di dapat generator mengalami overload Karena kebutuhan beban puncak lebih besar dari kapasitas genset. Beban daya aktif saat beban puncak 113.7%. generator 2 dapat beroperasi tetapi saat beban puncak akan mengalami overload.

Setelah genset di parallel pembebanan pada genset rata-rata kurang dari 60 % jadi menurut standar masih sesuai Karena sesuai dengan efisiensi pembebanan kurang dari 80 ~ 90%

4.2.2 Perhitungan pengaman keluaran Genset

a. Genset 1

Perhitungan pengaman keluaran genset1 dengan kapasitas 500Kva didapat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} in \text{ Genset} &= \frac{500\text{Kva}}{\sqrt{3} \times 400} \\ &= 721.6 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas kapasitas pengaman mendekati dengan yang terpasang di lapangan sebesar 800 A

b. Genset 2

Perhitungan pengaman keluaran genset_2 dengan kapasitas 700Kva didapat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} in\ Genset &= \frac{700Kva}{\sqrt{3} \times 400} \\ &= 1000\ A \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas kapasitas pengaman yang terpasang harus lebih besar dari 1000 A

c. Genset Parallel

Perhitungan pengaman keluaran genset_2 dengan kapasitas 1200Kva didapat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} in\ Genset &= \frac{1200Kva}{\sqrt{3} \times 400} \\ &= 1732\ A \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas kapasitas pengaman generator yang terpasang lebih besar 1732 A bias memakai yang ada di pasaran 1800 A

Menentukan kapasitas nominal dengan mempertimbangkan efisiensi generator, dimana efisiensi generator sebesar 80% hingga 90% dari kapasitas maksimalnya. Pada Analisa ini di gunakan efisiensi generator sebesar 90% maka di dapat perhitungan sebagai berikut:

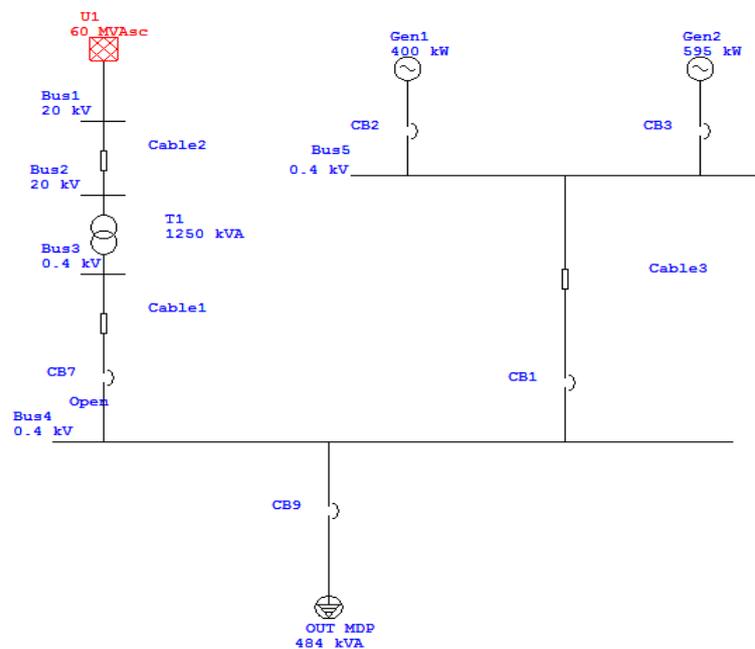
$$I_{\text{Genset}} = 1732 \text{ A} \times 90\% = 1558 \text{ A}$$

Menentukan besar kapasitas pengaman ACB (*Air Circuit Breaker*) dari rating pengaman genset parallel di dapat 1558 A, maka pengaman yang digunakan ACB dengan rating pengaman sesuai standar gawai proteksi harus lebih besar sebesar 120% dari rating nominalnya maka di dapat perhitungan :

$$I_{\text{Pengaman ACB}} (120\% \times 1558 \text{ A}) = 1870 \text{ A}$$

4.2.3 Analisis kemampuan genset terhadap beban dengan simulasi software ETAP

Langkah pengujian adalah mengamati aliran daya keluaran dari generator terhadap beban dan mengamati keandalanya. Pertama-tama membuat single line diagram persamaan . berikut gambar SLD :



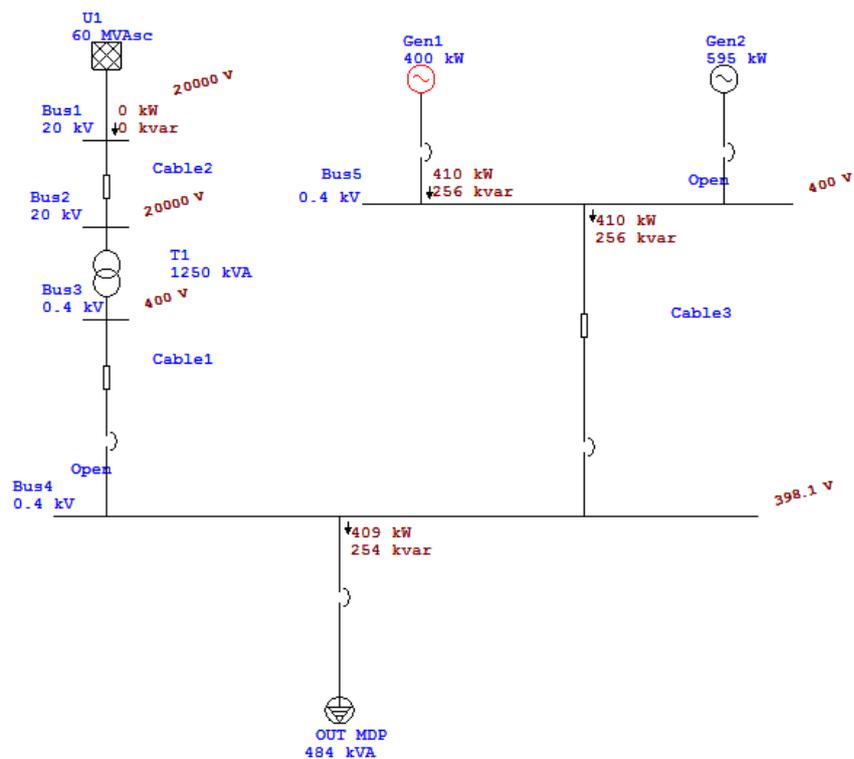
Gambar 4.4 Single line Diagram ETAP

Pada simulasi ini tipe beban di sesuaikan dengan table pengujian dan beban percobaan agar dapat mengetahui keandalan kaluaran aliran daya generator

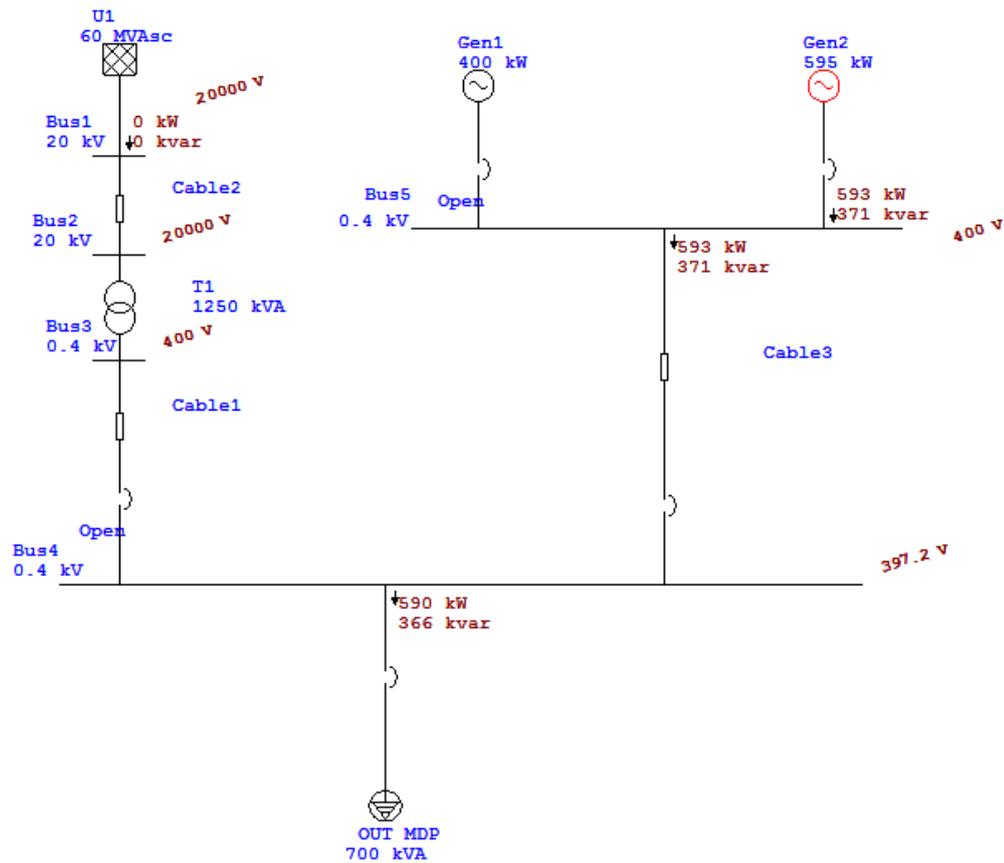
Tabel 4.7 Besar beban yang akan di ujikan

	Beban rata-rata	Beban puncak	Beban pengujian 1	Beban pengujian 2
Besar Pembebanan Genset	589.8 KVA	529.8 KVA	700 KVA	1100KVA

Berikut hasil Load flow :



Gambar 4.5 Simulasi load flow genset 1 beban rata-rata



Gambar 4.6 Simulasi load flow genset 1 beban puncak

Dari simulasi aliran daya genset 1 dilihat dari gambar 4.5 Dan 4.7 generator mengeluarkan daya yang lebih besar dari nominal nameplate nya atau dikatakan over load. Dan dapat dilihat melalui kritikal report dibawah ini:

Critical Report

DeviceID	Type	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	Phase Type
Gen1	Generator	Over Excited	0.22	Mvar	0.28	130.1	3-Phase
Gen1	Generator	Overload	0.40	MW	0.45	112.7	3-Phase

Gambar 4.7 hasil report *loadflow*

Dari simulasi ini dapat di ketahui keandalan generator terhadap beban harian. Dari beberapa simulasi yang telah di coba di dapat beberapa hasil pengujian dapat di lihat pada tabel berikut :

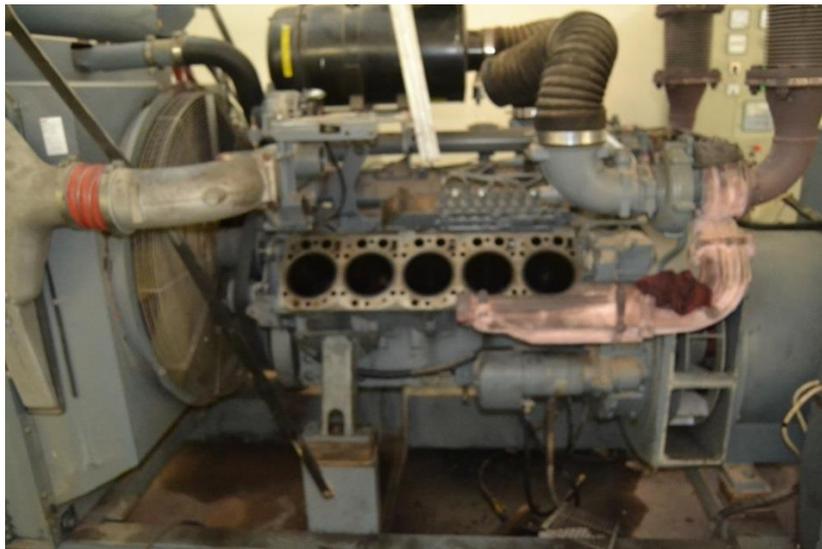
Tabel 4.8 Pengoperasian genset terhadap beban

	Beban rata-rata	Beban puncak	Beban pengujian 1	Beban pengujian 2
Besar Pembebanan Genset	529.8KVA	589.8 KVA	700 KVA	1100KVA
Kondisi Genset 1	Overlaod 112.7%	Overlaod 125%	Overlaod 149%	Overlaod 234%
Kondisi Genset 2	normal	normal	Overload 100.1%	Overlaod 157%
Kondisi Genset Parallel	normal	normal	normal	normal

4.3 Analisa Tambahan

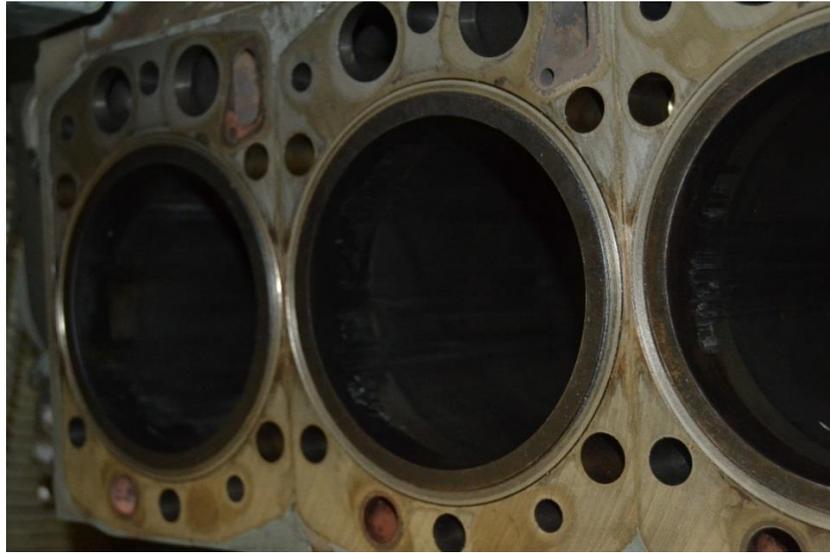
dilihat dari beberapa pengujian yang telah di sajikan terlihat bahwa jika pembebanan secara kontinu jika hanya menggunakan 1 generator tidak dapat

mencukupi kebutuhan sistem Back-up listrik, Karena jika terjadi overload generator maka generator akan trip atau padam dan mengakibatkan kerusakan pada sisi (*engine*) atau mesin. Sehingga generator harus turun mesin (*Overhaul Engine*) dan kasus ini terjadi pada tanggal 22 April 2017 waktu pengambilan data. Kerusakan sangat di mungkinkan Karena beban starting dan nominal rata-rata sangat besar sehingga generator di paksa mengeluarkan daya yang besar sehingga excitasi naik dan kecepatan menurun Karena beban di sisi rotor naik sehingga memaksa system governor menambah tenaga pada diesel. Oleh Karena itu mesin diesel di paksa mencukupi kecepatan rating sehingga seiring waktu efisiensi mesin menurun dan terjadilah kerusakan pada piston generator sesuai dengan lampiran 2.5 tentang pembagian beban. Dapat di lihat pada gambar 4.7 dan 4.8



Gambar 4.8 Genset *Overhaul*

(Sumber: Dokumen pribadi)



Gambar 4.9 kerusakan pada sisi Piston

(Sumber: Dokumen pribadi)

Pada kasus kerusakan generator pada gambar 4.7 dan 4.8 salah satu penyebab kerusakan selain overload dikarenakan oleh:

generator bekerja tidak sesuai *power rating* sesuai lampiran 2.3.3 poin D generator yang di operasikan sebagai *Emergency stanby power Rating* atau sebagai back-up dengan beban variasi.

Reverse power Pada diesel generator dapat terjadi ledakan pada ruang bakarnya karena adanya akumulasi bahan bakar yang tak terbakar sedangkan rotor terus berputar. Tetapi pada teori ini kurang di mungkinkan terjadi pada kerusakan ini.

Net Engine Output			Typical Generator Set Output					
Standby	Prime	Base	Standby (ESP)		Prime (PRP)		Base (COP)	
kWm/BHP			kWe	kVA	kWe	kVA	kWe	kVA
477/639	426/571	299/400	440	550	400	500	281	351

Gambar 4.9 Spesifikasi *Output* Mesin Diesel

(<http://stamford-avk.com>)

Dari gambar 4.9 output mesin sesuai dengan standar 112% lebih besar dari pada kapasitas output generator jadi penyebab kerusakan adalah overload beban yang melebihi spesifikasi mesin.