

## ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR TENAGA PADA GARDU LISTRIK DI SEKOLAH TINGGI PENERBANGAN INDONESIA

Khairunnisa Salsabila Irwan<sup>(1)</sup>, R.B. Budi Kartika W.<sup>(2)</sup>, Rivanto Saputro<sup>(3)</sup>  
Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang.

**Abstrak:** Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia memiliki sepuluh buah transformator yang tersebar pada tujuh buah gardu listrik. Setiap transformator memiliki kapasitas yang berbeda-beda. Besar nilai pembebanan yang ditanggung transformator dapat mempengaruhi kondisi transformator. Maka pada penelitian ini akan didapatkan seberapa besar nilai pembebanan transformator dengan melakukan pengambilan data yang berupa hasil pengukuran arus sisi sekunder pada transformator, nilai suhu transformator, dan nilai suhu gardu listrik. Setelah pengambilan data kemudian data diolah dengan mencari nilai rata-rata arus pada waktu beban puncak pada masing-masing transformator, selanjutnya menghitung nilai arus beban penuh pada masing-masing transformator dan yang terakhir menghitung nilai persentase pembebanan dari masing masing transformator. Dari hasil perhitungan nilai persentase pembebanan dilakukan analisis data. Dari hasil analisis data dapat disimpulkan bahwa transformator yang ada di Sekolah tinggi Penerbangan Indonesia masih memiliki nilai persentasi pembebanan dibawah 50% dengan beberapa gardu listrik yang memiliki suhu yang mendekati suhu maksimum karena tidak memiliki kipas pendingin dan ventilasi udara.

**Kata Kunci:** Transformator, persentase pembebanan, suhu transformator, suhu gardu listrik.

**Abstract:** *Indonesia Civil Aviation Institute has ten transformers spread over seven electric substations. Each transformer has a different capacity. the value of the load borne by the transformer can affect the condition of the transformer. Then in this study will be obtained how much the value of the transformer loading by taking data in the form of measurements of the secondary side current on the transformer, the transformer temperature value, and the temperature value of the electrical substation. After taking the data then the data is processed by finding the average current value at the time of the peak load on each transformer, then calculating the full load current value for each transformer and finally calculating the percentage value of loading from each transformer. From the results of the calculation of the percentage loading value, data analysis is performed. From the results of data analysis it can be concluded that the transformer at the Indonesian Aviation High School still has a percentage value of loading below 50% with several electrical substations that have temperatures close to maximum temperatures because they do not have cooling fans and air vents.*

**Keyword:** *Transformer, loading percentage, transformer temperature, electric substation temperature.*

## Pendahuluan

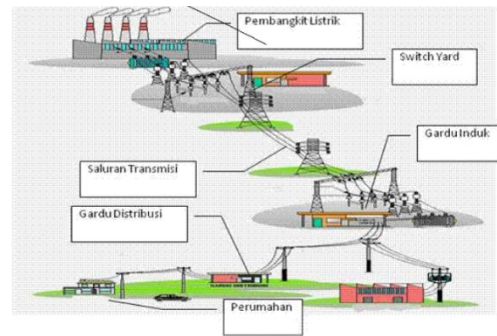
Transformator merupakan komponen terpenting dalam sistem distribusi tenaga listrik. Kinerja transformator yang terus menerus tanpa berhenti memungkinkan untuk kondisi transformator harus berada dalam keadaan yang baik. Sistem perawatan yang sesuai dengan standar dan pengecekan yang rutin penting dilakukan untuk mengetahui kondisi transformator. Untuk transformator yang memiliki usia lebih dari sepuluh tahun memungkinkan adanya kerusakan-kerusakan yang timbul. Transformator dapat bekerja dengan baik dalam jangka waktu yang lama apabila memiliki kondisi yang baik.

Transformator yang ada di STPI sudah memiliki usia pakai yang lebih dari sepuluh tahun, namun masih memiliki kinerja yang baik dan masih dapat digunakan untuk mensuplai tenaga listrik menuju ke beban-beban. Untuk mempertahankan transformator dengan kondisi yang baik perlu diperhatikan sistem perawatannya dan juga seberapa besar beban yang ditanggung oleh transformator, agar transformator dapat bekerja dengan baik dan tidak mengalami kelebihan beban.

## Landasan Teori

### Sistem Tenaga Listrik

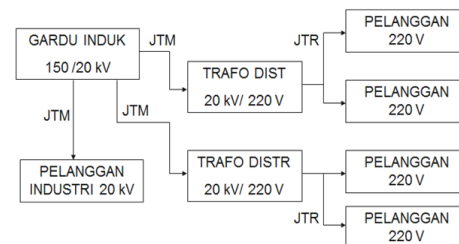
Sistem tenaga listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen berupa pembangkitan, transmisi, distribusi dan beban yang saling berhubungan dan berkerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan.



Gambar 1. Skema Sistem Tenaga Listrik

### Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berupa jaringan penghantar yang menghubungkan antara gardu induk pusat beban ke pelanggan. Jaringan distribusi berfungsi mendistribusikan energi listrik ke pelanggan sesuai kebutuhan.



Gambar 2. Skema Jaringan Distribusi

### Gardu Listrik

Gardu listrik merupakan suatu bangunan gardu listrik berisi atau terdiri dari instalasi perlengkapan hubung bagi tegangan menengah (PHB-TM), Transformator, dan perlengkapan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan daya listrik bagi para pelanggan baik dengan tegangan menengah (TM 20kV) maupun tegangan rendah (TR 220/380 V).

### Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang digunakan untuk mentransformasikan daya atau energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Pada sisi primer dan skunder masing-masing mempunyai lilitan identik dengan 3 buah transformator satu fasa. Untuk mencari daya semu pada transformator kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{\text{peak}} \cdot I$$

Untuk mencari daya aktif maupun semu pada transformator harus diambil tegangan tertinggi energi listrik. Keseimbangan beban antar fasa diperlukan untuk pemerataan beban dan juga mengurangi losses dan susut energi. Hal ini juga penting karena bermanfaat pada teknik optimasi untuk menghasilkan sistem yang handal dan efisien. Pada fasa-fasanya karena pada tegangan tertinggi itulah daya yang paling maksimal terpakai pada transformator tersebut.

Untuk menghitung arus beban penuh (full load) dapat menggunakan rumus :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot v}$$

Sedangkan untuk mencari arus rata-rata pada transformator kita dapat menggunakan rumus :

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

Menghitung persentase pembebanan pada transformator dapat digunakan persamaan seperti dibawah ini:

% pembebanan transformator

$$= \frac{I_{\text{rata-rata}}}{I_{FL}} \times 100\%$$

Pada transformator distribusi beban maksimal yang diperbolehkan dipakai adalah 90% dari kapasitas total transformator, ini berguna untuk mencegah transformator kelebihan beban (over load) dan menghindari dari kerusakan transformator yang bisa berakibat terjadinya transformator meledak.

### Kondisi Pelayanan Transformator Dalam Gardu Listrik

Gardu beton harus mempunyai persyaratan fisik yang cukup guna menahan konstruksi instalasi, operasi dan pemeliharaan.

1. Pintu minimal dengan lebar 120 cm.
2. Ventilasi yang cukup dengan luas jendela ventilasi tidak kurang dari 20 % luas dinding.
3. Cukup tersedia akses untuk keluar masuk gardu.
4. Tinggi ruang minimal 3 meter.
5. Elevasi dasar lantai gardu tidak kurang dari 20 cm dari resiko tinggi permukaan kemungkinan banjir
6. Ruang gardu harus memberikan cukup ventilasi untuk menjaga temperatur ruangan rata-rata 40°C

### Kapasitas Daya Transformator

Kapasitas daya transformator adalah sesuai dengan data teknis transformator pada nameplate- nya.

Transformator dapat dibebani terus-menerus sesuai kapasitas dayanya dan dapat dibebani lebih besar dari kapasitas transformator dengan merujuk pada standard PLN yang berlaku. Daya tersambung pada transformator adalah total daya tersambung pada suatu transformator.

### **Metodologi Penelitian**

#### **Pengambilan Data**

Data yang diperoleh merupakan data primer dengan menggunakan teknik sampling jenuh yang diperoleh dari pengukuran langsung dilapangan selama satu minggu dari tanggal 1 Juli 2019 sampai dengan 5 Juli 2019 mulai pukul 8:00 sampai dengan pukul 16:00. Terdapat beberapa transformator yang mengalami pengecualian dalam pengambilan data ini, yaitu pada transformator A gardu 1B dan transformator A gardu 3 tidak dilakukan pengambilan data dikarenakan adanya short circuit pada kabel TM dari transformator A gardu 1B menuju gardu 3 sehingga nilai pengukuran menjadi nol. Selanjutnya pada transformator A gardu 2 dilakukan pengukuran juga pada malam hari dikarenakan salah satu beban trafo pada gardu 2 adalah asrama curug 1 yang sebagian besar aktivitasnya menggunakan listrik terjadi pada malam hari.

#### **Teknik Pengolahan Data**

Setelah data hasil pengukuran terkumpul maka selanjutnya akan dihitung nilai arus rata-rata pada waktu beban puncak masing-masing transformator, setelah itu dihitung nilai arus beban. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai

persentase pembebanan transformator. Penyajian data akan ditampilkan dalam bentuk tabel, dan diagram batang.

#### **Analisis Data**

Analisis data merupakan bagian dimana hasil olah data yang telah dihitung sebelumnya akan dikaitkan dengan variable lainnya, lalu dibandingkan dengan standar peraturan yang berlaku. Apabila hasilnya variable-variabel memenuhi persyaratan maka transformator tersebut masih layak digunakan dan masih dapat ditambah lagi bebannya. Namun apabila hasil analisis data variable-variabel tidak memenuhi syarat maka dapat dijadikan petunjuk bagi para teknisi untuk melakukan perawatan pada transformator tersebut.

### **Pengumpulan Dan Analisis Data**

#### **Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengukuran langsung pada transformator untuk mendapatkan nilai arus sekunder, nilai suhu transformator, dan nilai suhu gardu listrik pada setiap transformator yang dilakukan selama satu minggu mulai hari Senin, 1 Juli 2019 sampai dengan hari Jum'at, 5 Juli 2019 mulai pukul 8:00 WIB sampai dengan pukul 16:00 WIB. Untuk pengambilan data malam hari pada trafo A gardu 2 dilakukan selama dua hari pada hari Selasa, 16 Juli 2019 sampai hari Rabu, 3 Juli 2019 mulai pukul 17:00 WIB sampai dengan pukul 5:00 WIB.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Trafo A Gardu 1A hari Senin, 1 Juli 2019 Pukul 08:00

Senin, 1 Juli 2019	Nilai Arus Sekunder			Suhu	
	IR1 – IR6	IS1 – IS6	IT1 – IT6	Trafo	Gardu
8:00	25.9	21.2	32.5	40°	30.9°
	26.8	24.2	31.3		
	27.2	22.9	36.8		
	28.2	21.3	35.8		
	26.2	28.8	30.8		
	37.2	28.9	39.7		

Table 2. Nilai Arus Rata-rata Trafo A Gardu 1A

JAM	NILAI ARUS		
	R	S	T
8:00	174.38	149.28	184.3
9:00	169.68	147.54	174.4
10:00	189.5	176.62	244.88
11:00	205.14	189.8	255.9
12:00	199.7	182.28	248.4
13:00	197.98	183.18	257.04
14:00	202.72	181.88	253.08
15:00	203.14	185.5	258.5
16:00	189.58	163.36	233.34

Pengolahan Data

Dari hasil pengumpulan data terdapat beberapa transformator yang memiliki kabel lebih dari satu pada setiap fasanya, oleh karena itu selanjutnya dilakukan pejumlahan pada nilai arus masing-masing fasa.

$$I_R = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

$$I_R = 25.9 + 26.8 + 27.2 + 28.2 + 26.2 + 27.2$$

$$I_R = 161.5$$

$$I_S = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

$$I_S = 21.2 + 24.2 + 22.9 + 21.3 + 28.8 + 28.9$$

$$I_S = 147.3$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

$$I_T = 32.5 + 31.3 + 36.5 + 35.8 + 30.8 + 39.7$$

$$I_T = 206.6$$

Setelah menjumlahkan nilai arus pada setiap fasa, maka selanjutnya menghitung nilai arus rata-rata selama satu minggu pada masing-masing fasa.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai arus pada waktu beban puncak (WBP)

Jam 08.00

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{205.14 + 189.8 + 255.9}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{650.84}{3}$$

$$I_{rata-rata} = 216.95 A$$

Jam 09.00

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{169.68 + 147.54 + 174.4}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{491.62}{3}$$

$$I_{rata-rata} = 163.87 A$$

Jam 10.00

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{189.5 + 176.62 + 244.88}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{611}{3}$$

$$I_{rata-rata} = 203.67 A$$

Jam 11.00

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{205.14 + 189.8 + 255.9}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{650.84}{3}$$

$$I_{rata-rata} = 216.95 A$$

Jam 12.00

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{199.7 + 182.28 + 248.4}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{630.38}{3}$$

$$I_{rata-rata} = 210.13 A$$

Jam 13.00

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{197.98 + 183.18 + 257.04}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{638.2}{3}$$

$$I_{rata-rata} = 212.73 A$$

Jam 14.00

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{202.72 + 181.88 + 253.08}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{637.68}{3}$$

$$I_{rata-rata} = 212.56 A$$

Jam 15.00

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{203.14 + 185.5 + 258.5}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{647.14}{3}$$

$$I_{rata-rata} = 215.71 A$$

Jam 16.00

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{189.58 + 163.36 + 233.34}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{586.28}{3}$$

$$I_{rata-rata} = 195.43 A$$

Dari perhitungan nilai arus rata-rata diatas maka dapat diperoleh nilai arus pada waktu beban puncak yaitu pada pukul 11:00.

Mencari nilai arus beban penuh

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I_{FL} = \frac{630000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}}$$

$$I_{FL} = 909.32 A$$

Nilai persentase pembebanan transformator

% *Pembebanan Transformator*

$$= \frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} \times 100\%$$

% *Pembebanan Transformator*

$$= \frac{216.95 A}{909.32 A} \times 100\%$$

% *Pembebanan Transformator*

$$= 23.85 \%$$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat didapatkan bahwa nilai persentase pembebanan pada transformator A Gardu 1A adalah sebesar 23,85%.

Diasumsikan jika nilai arus yang digunakan pada semua fasa adalah nilai arus maksimum yang diperoleh yaitu pada fasa T sebesar 255,9 ampere, maka akan diperoleh nilai persentasi

pembebanan maksimum pada pukul 11:00, yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{Pembebanan Transformator} &= \frac{255.9 \text{ A}}{909.32 \text{ A}} \times 100\% \\ \% \text{Pembebanan Transformator} &= 28.14 \% \end{aligned}$$

Maka diperoleh nilai pembebanan maksimum pada transformator A gardu 1A sebesar 28,14 %.

Dan jika nilai arus yang digunakan pada semua fasa adalah nilai arus minimum yang diperoleh yaitu pada fasa S yaitu sebesar 189,8 amapere, maka akan diperoleh nilai persentasi pembebanan minimum pada pukul 11:00, yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{Pembebanan Transformator} &= \frac{189.8 \text{ A}}{909.32 \text{ A}} \times 100\% \\ \% \text{Pembebanan Transformator} &= 20.7 \% \end{aligned}$$

Maka nilai minimum pembebanan pada transformator A gardu 1A sebesar 20,7 %.

Perhitungan diatas juga berlaku bagi transformator-transformator lain dengan nilai arus rata-rata pada masing-masing transformator sebagai berikut :

Tabel 3. Nilai Arus Rata-rata Transformator B Gardu 1A

JAM	NILAI ARUS		
	R	S	T
8:00	151.24	117.7	206.1
9:00	152.38	123.78	207.68
10:00	178.88	173.38	212.22
11:00	177.66	170.1	208.32
12:00	173.86	164.02	212.34
13:00	162.52	160.68	189.12
14:00	170.44	168.58	213.36
15:00	183.56	181.58	220.78
16:00	165.7	162.78	184.34

Tabel 4. Nilai Arus Rata-rata Transformator B Gardu 1B

JAM	NILAI ARUS		
	R	S	T
8:00	32.2	20.14	41.6
9:00	33.04	22.56	41.4
10:00	37.1	24.12	40.62
11:00	36.38	18.36	40.18
12:00	37.76	18.22	42.68
13:00	38.94	46.68	43.9
14:00	39.34	19.92	42.72
15:00	37.92	16.22	41.76
16:00	50.18	25.96	56.54

Pada Transformator A Gardu 2 dilakukan pengukuran pada siang malam hari juga dikarenakan salah satu beban pada trafo A adalah asrama curug 1 yang aktivitasnya lebih banyak dilakukan pada malam hari.

Tabel 5. Nilai Arus Rata-rata Arus Transformator A Gardu 2 Siang Hari

JAM	NILAI ARUS		
	R	S	T
8:00	158.96	185.08	152.32
9:00	169.22	228.26	184.86
10:00	178.8	270.4	197.6
11:00	208.44	291.4	218.38
12:00	232	319	250
13:00	253.6	342.4	289
14:00	231.2	304.6	242.54
15:00	210.8	285.6	226.34
16:00	222.72	309.2	255.94

Tabel 6. Nilai Rata-rata Arus Transformator A Gardu 2 Pada Malam Hari

JAM	NILAI ARUS		
	R	S	T
17:00	355.6	337.3	335.6
19:00	302.95	388.1	288.35
21:00	161.3	241.55	176.7
23:00	263.05	339.65	274.2
1:00	195.1	225.15	197.75
3:00	168.6	179.15	181.55
5:00	125.2	136.75	131.4
6:00	134.6	137.6	118.15

Pada transformator A Gardu 5 terdapat arus pada fasa T sebesar nol dikarenakan beban pada transformator A adalah AC gedung serba guna dan hanggar penerbang. Yang mana AC gedung serba guna digunakan pada acara-acara tertentu.

Tabel 7. Nilai Arus Rata-rata Transformator A Gardu 5

JAM	NILAI ARUS		
	R	S	T
8:00	1.2	12.78	0
9:00	1	18.48	0
10:00	7	13.46	0
11:00	8	15.3	0
12:00	2.2	14.14	0
13:00	9	15.16	0
14:00	1	13.54	0
15:00	9	14.76	0
16:00	1	13.48	0

Tabel 8. Nilai Arus Rata-rata Transformator B Gardu 5

JAM	NILAI ARUS		
	R	S	T
8:00	4.06	1.52	0.38
9:00	4.16	1.56	0.72
10:00	4.5	1.58	0.66
11:00	7.78	0.64	0.42
12:00	7.84	0.74	0.42
13:00	7.9	0.54	0.4
14:00	8.26	0.6	0.4
15:00	8.42	0.76	0.42
16:00	7.7	0.8	0.42

Tabel 9. Nilai Arus Rata-rata Transformator A Gardu Hanggar 1 TPU

JAM	NILAI ARUS		
	R	S	T
8:00	244.88	237.72	197.08
9:00	297.68	279.4	224.62
10:00	312.82	283.36	220.04
11:00	326.78	293.28	232.5
12:00	291.06	268.6	208.1
13:00	284.12	253.56	195.86
14:00	336.16	293.88	228.68
15:00	334.54	293.74	230.24
16:00	270.16	239.18	195.92

Tabel 10. Nilai Arus Rata-rata Transformator A Gardu Simulator

JAM	NILAI ARUS		
	R	S	T
8:00	214.84	223.84	148.22
9:00	218.4	227.38	151.72
10:00	214.06	220.16	146.36
11:00	210.86	220.72	129.76
12:00	228.66	234.28	143.74
13:00	225.5	247.24	152.62
14:00	217.48	226.64	152.74
15:00	192.26	135.7	151.62
16:00	223.58	238.26	161.44

Analisis Data

Berdasarkan hasil pengolahan data maka didapatkan hasil pada tabel rekapitulasi persentase pembebanan dan tabel rekapitulasi suhu transformator dan suhu gardu listrik pada waktu beban puncak.

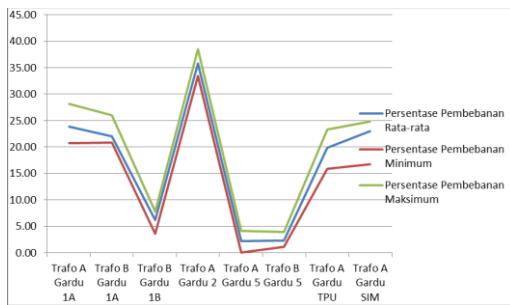
Tabel 11. Rekapitulasi Persentase Permbebanan Transformator pada waktu Beban Puncak

	Trafo A Gardu 1A (%)	Trafo B Gardu 1A (%)	Trafo B Gardu 1B (%)	Trafo A Gardu 2 (%)	Trafo A Gardu 5 (%)	Trafo B Gardu 5 (%)	Trafo A Gardu TPU (%)	Trafo A Gardu SIM (%)
Persentase Pembebanan Rata-rata	23.85	22.08	6.14	35.86	2.22	2.36	19.83	22.97
Persentase Pembebanan Minimum	20.7	20.8	3.59	33.47	0	1.09	15.84	16.78
Persentase Pembebanan Maksimum	28.14	25.96	7.83	38.48	4.19	3.97	23.29	24.79
Kapasitas Trafo	630 kva	630 kva	500 kva	630 kva	250 kva	160 kva	1000 kva	630 kva

Tabel 12. Rekapitulasi Suhu Transformator dan Suhu Gardu Listrik Pada Waktu beban Puncak

	Trafo A Gardu 1A (°C)	Trafo B Gardu 1A (°C)	Trafo B Gardu 1B (°C)	Trafo A Gardu 2 (°C)	Trafo A Gardu 5 (°C)	Trafo B Gardu 5 (°C)	Trafo A Gardu TPU (°C)	Trafo A Gardu Simulator (°C)
Suhu Rata-rata Trafo	40 °C	46°C	40°C	40°C	43°C	37°C	54°C	52,4°C
Suhu Minimum Trafo	40 °C	46°C	40°C	40°C	43°C	37°C	54°C	52°C
Suhu Maksimum Trafo	40 °C	46°C	40°C	40°C	43°C	37°C	54°C	54°C
Suhu Rata-rata Gardu	33,6°C	34,5°C	32,8°C	31,8 °C	34°C	32,5°C	35,2°C	34,4°C
Suhu Minimum Gardu	32,3°C	34,1°C	32,5°C	31,3 °C	32,9°C	31,3°C	34,7°C	33,5°C
Suhu Maksimum Gardu	34,4°C	34,8°C	33,8°C	32,3 °C	34,8°C	33,6°C	35,7°C	34,8°C





Gambar 1. Grafik Persentase Pembebanan Transformator Pada Waktu Beban Puncak

### 1. Transformator A Gardu 1A

a) Transformator A Gardu 1A memiliki enam buah kabel setiap fasanya pada sisi sekunder dengan nilai arus pada setiap kabel dalam satu fasa berbeda-beda yang tidak sesuai dengan standar. Nilai persentase pembebanan yang diperoleh pada saat waktu beban puncak yaitu pukul 11:00 dengan nilai rata-rata sebesar 23,85 % , nilai persentase pembebanan maksimum sebesar 28,14 % , dan nilai pembebanan minimum sebesar 20,7 % .

b) Pada hasil pengukuran suhu pada transformator menunjukkan bahwa suhu Transformator A tetap konstant pada niai 40°C.

c) Gardu 1A memiliki suhu ruangan pada waktu beban puncak pukul 11:00 dengan nilai rata-rata sebesar 33,6°C, suhu maksimum sebesar 34,4°C, dan suhu minimum sebesar 32,3°C.

d) Gardu listrik 1A dilengkapi dengan kipas dan ventilasi udara.

### 2. Transformator B Gardu 1A

a) Transformator B Gardu 1A memiliki tujuh buah kabel setiap fasanya pada sisi sekunder dengan nilai arus pada setiap kabel dalam satu fasa berbeda

yang tidak sesuai dengan standar. Nilai persentase pembebanan yang diperoleh pada saat waktu beban puncak yaitu pukul 15:00 dengan nilai rata-rata sebesar 22,08 % , nilai persentase pembebanan maksimum sebesar 25,96 % dan nilai pembebanan minimum sebesar 20,8 %.

b) Pada hasil pengukuran suhu pada transformator menunjukkan bahwa suhu Transformator B tetap konstant pada nilai 46°C

c) Gardu 1A memiliki suhu ruangan pada waktu beban puncak pukul 15:00 dengan nilai rata-rata sebesar 32,8°C, suhu maksimum sebesar 34,8°C, dan suhu minimum sebesar 32,5°C

d) Gardu listrik 1A juga dilengkapi dengan kipas dan ventilasi yang dapat membantu mensirkulasikan suhu udara yang ada didalam gardu .

### 3. Transformator B Gardu 1B

a) Transformator B Gardu 1B memiliki empat buah kabel dengan nilai arus pada setiap kabel dalam satu fasa berbeda-beda yang tidak sesuai dengan standar. Nilai persentase pembebanan yang diperoleh pada saat waktu beban puncak pada pukul 16:00 dengan nilai rata-rata sebesar 6,14 % , nilai persentase pembebanan maksimum sebesar 7,83 % dan nilai pembebanan minimum sebesar 3,59 %.

b) Pada hasil pengukuran suhu pada transformator menunjukkan bahwa suhu Transformator B tetap konstant apada niai 40°C.

c) Gardu 1B memiliki suhu ruangan pada waktu beban puncak pukul 16:00 dengan nilai rata-rata sebesar

32,8°C, suhu maksimum sebesar 32,5°C, dan suhu minimum sebesar 33,8°C

d) Gardu listrik 1b dilengkapi dengan kipas dan ventilasi yang dapat membantu mensirkulasikan suhu udara yang ada didalam gardu.

#### 4. Transformator A Gardu 2

a) Transformator A di gardu 2 dilakukan pengukuran arus dan suhu pada siang hari dan malam hari. Transformator A memiliki nilai persentase pembebanan pada saat waktu puncak pada pukul 17:00 dengan nilai rata-rata pembebanan sebesar 37,7% , nilai persentase pembebanan maksimum sebesar 38,48%, dan nilai persentase pembebanan minimum adalah sebesar 33,47 %.

b) Pada hasil pengukuran suhu pada transformator menunjukkan bahwa suhu Transformator B tetap konstant pada niai 40°C

c) Gardu 1B memiliki suhu ruangan pada waktu beban puncak pukul 17:00 dengan nilai rata-rata sebesar 31,8°C, suhu maksimum sebesar 32,3°C, dan suhu minimum sebesar 31,3°C.

d) Gardu listrik 2 tidak dilengkapi dengan kipas yang dapat membantu mensirkulasikan suhu udara yang ada didalam gardu, namun pada Gardu 2 ter dapat ventilasi pada kedua sisi transformator.

#### 5. Transformator A Gardu 5

a) Transformator A memiliki nilai persentase pembebanan pada saat beban puncak nilai persentase pembebanan rata-rata sebesar 2,22

%, dengan nilai persentase pembebanan maksimum sebesar 4,19 %, dan nilai persentase pembebanan minimum adalah sebesar 0 %.

b) Pada hasil pengukuran suhu pada transformator menunjukkan bahwa suhu Transformator A tetap konstant apada niai 43°C.

c) Gardu 5 memiliki suhu ruangan pada waktu beban puncak pukul 13:00 dengan nilai rata-rata sebesar 34°C, suhu maksimum sebesar 34,8°C, dan suhu minimum sebesar 32,9°C.

d) Gardu listrik 5 A tidak dilengkapi dengan kipas yang dapat membantu mensirkulasikan suhu udara yang ada didalam gardu, dan terdapat ventilasi yang terdapat pada gardu 5

#### 6. Transformator B Gardu 5 B

a) Transformator B memiliki nilai persentase pembebanan pada saat waktu beban puncak pada pukul 16:00 dengan nilai persentase rata-rata sebesar 2,36 % , dengan nilai persentase pembebanan maksimum sebesar 3,97 %, dan nilai persentase pembebanan minimum adalah sebesar 1,09 %.

b) Pada hasil pengukuran suhu pada transformator menunjukkan bahwa suhu transformator b tetap konstant apada niai 37°C.

c) Gardu listrik 5 b tidak dilengkapi dengan kipas dan juga tidak terdapat ventilasi yang dapat membantu mensirkulasikan suhu udara yang ada didalam gardu.

#### 7. Transformator A Gardu Hanggar 1

a) TPU Tansformator A memiliki nilai persentase pembebanan pada saat waktu beban puncak pukul 14:00

dengan nilai persentase pembebanan rata-rata sebesar 19,38 % , dengan nilai persentase pembebanan maksimum sebesar 23,29 % , dan nilai persentase pembebanan minimum adalah sebesar 15,84 %.

- b) Transformator A memiliki suhu ruangan pada waktu beban puncak pukul 14:00 sebesar 54°C.
- c) Gardu Hanggar 1 TPU memiliki suhu pada waktu beban puncak pukul 14:00 dengan nilai rata-rata sebesar 35,2°C, suhu maksimum sebesar 35,7°C, dan suhu minimum sebesar 34,7°C.

8. Transformator A Gardu Simulator

- a) Transformator a memiliki nilai persentasi pembebanan pada waktu beban puncak pukul 13:00 dengan nilai persentasi pembebanan rata-rata sebesar 22,97 % , dengan nilai persentase pembebanan maksimum sebesar 24,79 % , dan nilai persentase pembebanan minimum adalah sebesar 16,78 %.
- b) Transformator A memiliki suhu ruangan pada waktu beban puncak pukul 14:00 dengan nilai rata-rata sebesar 52,4°C, nilai maksimum sebesar 54°C, dan nilai minimum sebesar 52°C.
- c) Gardu Simulator memiliki suhu pada waktu beban puncak pukul 13:00 dengan nilai rata-rata sebesar 34,4°C, suhu maksimum sebesar 34,8°C, dan suhu minimum sebesar 33,5°C.
- d) Gardu Simulator tidak dilengkapi dengan kipas dan terdapat ventilasi udara.

**Kesimpulan dan Saran**

**Kesimpulan**

1. Nilai persentase pembebanan pada seluruh transformator masih dibawah 50% dari masing-masing kapasitas transformator.
2. Nilai persentase pembebanan terbesar terjadi pada Transformator A di Gardu 2 yaitu sebesar 38,48%, dan nilai persentase pembebanan terkecil ada pada Transformator A Gardu 5 dengan nilai pembebanan 0%.
3. Nilai persentase pembebanan pada masih-masing transformator belum mencapai batas maksimal yang diizinkan oleh PLN yaitu sebesar 80%.
4. Terdapat beberapa transformator yang belum memenuhi standar pada Transformator A Gardu 1A, Transformator B Gardu 1A, dan Transformator B gardu 1B, yaitu terminal sekunder pada setiap fasanya terdiri dari enam kabel pada Transformator A Gardu 1A, tujuh buah kabel pada Transformator B Gardu 1B, dan empat buah kabel pada Transformator B Gardu 1B dengan nilai arus yang berbeda-beda. seharusnya pembagian pada panel distribusi.
- 5.

Tabel 13. Jumlah Kabel Sisi Sekunder

Transformator	Jumlah Kabel Sisi Sekunder		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Transformator A Gardu 1A	6	6	6
Transformator B Gardu 1A	7	7	7
Transformator B Gardu 1B	4	4	4

6. Gardu listrik yang tidak memiliki kipas dan ventilasi udara, memiliki suhu ruangan yang lebih tinggi.

#### Saran

1. Berdasarkan hasil pengambilan data, peholahan data, dan analisis data maka penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam tugas akhir ini, dan juga waktu yang digunakan untuk pengambilan data pun sangat singkat yaitu hanya berkisar lima hari mulai hari Senin, 1 Juli 2019 sampai dengan Jum'at, 5 Juli 2019 dan dua hari pada hari Selasa, 16 Juli 2019 sampai hari Rabu, 17 Juli 2019. Sebaiknya untuk hasil pengukuran yang lebih akurat maka dibutuhkan waktu pengambilan data yang lebih lama, yaitu minimal satu bulan. Untuk mengantisipasi adanya kegiatan tambahan yang membutuhkan suplai tenaga listrik yang besar.
2. Dengan nilai persentase pembebanan seluruh transformator yang ada pada gardu listrik di Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia yang masih berada dibawah 50% dapat menyebabkan tagihan biaya listrik yang harus dibayarkan Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia menjadi tidak efisien. Oleh karna itu untuk langganan listrik pada PLN perlu diturunkan sesuai dengan kapasitas pembebanan yang dibutuhkan masing-masing transformator saat ini.
3. Apabila akan diadakan penambahan beban pada transformator, perlu memperhatikan transformator mana yang nilai pembebanannya masih kecil. Serta seberapa banyak beban yang ditambahkan. Hal itu

diperlukan agar pembebanan tidak melebihi titik maksimum.

4. Untuk gardu listrik yang memiliki suhu ruangan yang mendekati batas dapat dibantu dengan memasang kipas agar sirkulasi udara didalam gardu dan diluar gardu lebih lancar. Hal itu diperlukan agar sirkulasi lebih lancar, dan juga agar selisih antara suhu maksimum dan minimum lebih kecil.
5. Untuk transformator dengan kabel setiap fasanya ada enam buah, tujuh buah, dan empat buah pada sisi sekundernya, hal ini perlu ditinjau kembali, melihat dari kinerja transformator yang terus menerus sangat beresiko pada transformator apabila terjadi short circuit.

#### Daftar Pustaka

- Direksi PT PLN (Persero), 2010, *Buku I: Kriteria Disain Enjinerig Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta:
- Suripto, Slamet. (2017). *Buku Ajar Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- SPLN D3.002-1: 2007, *Spesifikasi Transformator Distribusi*. Jakarta Selatan : PT. PLN (Persero).
- Wardi, Epo. (2015). *Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 1000 kva 20 kv / 400 kV*. Skripsi. Palembang. Politeknik Negeri Sriwijaya.