

ANALYSIS EFFECT LOADING OF POWER TRANSFORMERS AT THE SAWANGAN SUBSTATION

Analisa Transformator Di Gardu Induk Sawangan Terhadap Pengaruh pembebanan

Bily Sirima⁽¹⁾, Glanny Martial.C Mangindaan,ST,MT, Ph.D⁽²⁾, Lily Stiowati Patras, ST., MT.⁽³⁾

(1)Mahasiswa (2)Pembimbing 1 (3)Pembimbing 2

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails : bilysirima07@gmail.com, glanny_m@unsrat.ac.id, lily_spatras@unsrat.ac.id

Abstract — A transformer is an electrical device that changes alternating current voltage from one level to another level through a magnetic coupling and is based on the principles of electromagnetic induction. Transformers also have a nominal load that has been determined by the manufacturing company. Considering the development of population, investment and technological developments, transformers work to distribute unequal or unbalanced electrical energy loads, thus triggering symptoms of overload on transformers, so it is necessary to carry out research to determine the magnitude of the influence of overload on transformers and also calculations to determine the presence of overload on the transformer. The transformer at the Sawangan Main Substation, namely a 3-phase power transformer with a capacity of 30 MVA, is the object of this research. This research aims to find out how to calculate the presence of overload so that it can cause a decrease in the capacity of the transformer life. This research was carried out by collecting data by taking data at PT PLN (Persero) UPT Manado, interviewing field supervisors and studying literature that supports solving the problems in this research. In carrying out this research, several calculations were carried out such as calculating full load current, phase imbalance, and load percentage on the transformer. From the calculation results, it was found that the average transformer loading was taken from data with the highest loading for 5 days in March in the range of 14.25% to 24.15% and in April in the range of 12.96% to 14.41%, which means the transformer is still in good condition. because the loading is still within safe limits because it has not yet passed 80% to be said to be overloaded.

Keywords : *Overload, reduced capacity, Transformer, loading.*

Abstrak — Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnet. Transformator juga memiliki beban nominal yang sudah ditentukan oleh perusahaan manufaktur. Mengingat perkembangan jumlah penduduk, jumlah investasi, dan perkembangan teknologi menjadikan transformator bekerja menyalurkan beban energi listrik tidak sama atau tidak seimbang sehingga memicu adanya gejala *overload* pada transformator sehingga perlu untuk dilakukannya penelitian untuk mengetahui besar pengaruh dari *overload* pada transformator dan juga perhitungan untuk mengetahui adanya *overload* pada transformator. Transformator yang ada di Gardu Induk Sawangan, yaitu transformator daya 3 fasa berkapasitas 30 MVA yang menjadi objek dalam penelitian ini. Penelitian ini

bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara perhitungan adanya beban lebih sehingga dapat menyebabkan menurunnya kapasitas umur transformator. Penelitian ini dilakukan dengan cara pengumpulan data dengan mengambil data di PT PLN (Persero) UPT Manado, mewawancarai pembimbing lapangan dan studi literatur yang mendukung penyelesaian masalah dalam penelitian ini. Dalam melakukan penelitian ini dilakukan beberapa perhitungan seperti perhitungan arus beban penuh, ketidakseimbangan fasa, dan presentase pembebanan pada transformator. Dari hasil perhitungan didapatkan rata-rata pembebanan transformator diambil dari data dengan pembebanan tertinggi selama 5 hari dalam bulan Maret di kisaran 14.25% hingga 24.15% dan pada bulan april di kisaran 12,96% hingga 14,41% yang berarti transformator masih dalam keadaan baik dikarenakan pembebanan masih dalam batas aman karena masih belum melewati 80% untuk bisa dikatakan *overload*.

Kata Kunci : *Overload, Penurunan Kapasitas, Transformator, Pembebanan*

I. PENDAHULUAN

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Penggunaan Transformator yang sederhana dan handal memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan serta merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik.

Mengingat Transformator memiliki beban nominal yang sudah ditentukan oleh perusahaan manufaktur dan menjadi peralatan tenaga listrik yang sangat penting pada sistem transmisi. Sistem transmisi dalam menyalurkan energi listrik semakin meningkat baik dari perkembangan jumlah penduduk, jumlah investasi, dan perkembangan teknologi. Menjadikan Transformator bekerja menyalurkan beban energi listrik tidak sama atau tidak seimbang sehingga memicu adanya gejala beban lebih pada Transformator.

Beban lebih terjadi karena beban energi listrik yang disalurkan melebihi 80% dari beban nominalnya. Apabila hal ini terjadi maka beban lebih mampu menimbulkan adanya *losses* (rugi-rugi). Sehingga mengakibatkan peningkatan temperatur pada Transformator yang mampu menimbulkan panas dan menjadikan terjadinya penguraian dari bahan-bahan Transformator yang dapat mempercepat proses penurunan kapasitas Transformator. Berdasarkan masalah tersebut, penulis mencoba menganalisis Transformator Daya yang berada di Gardu Induk Sawangan sebagai laporan tugas akhir kuliah dengan judul “Analisis Transformator Di Gardu Induk Sawangan Berdasarkan Pengaruh Pembebanan.

II. LANDASAN TEORI

A. Pengertian Transformator Daya

Transformator daya atau trafo adalah suatu peralatan listrik yang termasuk dalam klasifikasi mesin listrik statis (karena sekundernya tidak berputar), yang berfungsi menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya menggunakan prinsip induksi elektromagnetik



Gambar 2.1 Transformator Daya

B. Klasifikasi Berdasarkan Nilai Tegangan

Dalam pengoperasiannya, transformator-transformator pada umumnya ditanahkan pada titik netralnya sesuai dengan kebutuhan, untuk kebutuhan pengaman dan proteksi. Pada transformator 150/170 kV yang ditempatkan pada gardu induk, ditanahkan secara langsung di sisi netral 150 kV, sedangkan transformator 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan di sisi netral 20 kV nya. Transformator dalam menyalurkan energi listrik tidak lepas dari arus fasa yang dimilikinya. Adapun Arus fasa yang dimiliki transformator daya ada tiga yaitu arus fasa R, arus fasa S dan fasa T. Sehingga untuk mengetahui arus rata-rata yang disalurkan oleh transformator menggunakan perhitungan arus rata-rata sebagai berikut.

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

I_r = Rata-rata arus beban

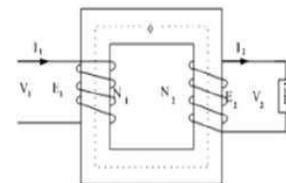
I_R = Arus fasa R

I_S = Arus fasa S

I_T = Arus fasa T

C. Prinsip Kerja Transformator

Prinsip kerja transformator pada umumnya sama yaitu berdasarkan hukum induksi *faraday* dan hukum *Lorentz* yang mana arus bolak balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi akan berubah menjadi magnet. Jika magnet tersebut dikelilingi oleh suatu kumparan maka kedua ujung tersebut akan terjadi beda potensial. Beda potensial yang berubah diperkuat oleh keberadaan inti besi. Inti besi berperan sebagai jalannya fluks yang ditimbulkan oleh arus listrik. Terdapat dua kumparan pada transformator yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder yang dibungkus oleh inti besi *feromagnetik*.



Gambar 2.2. Prinsip kerja Transformator

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

Dimana :

N_1 = Jumlah lilitan sisi primer

N_2 = Jumlah lilitan sisi sek

V_1 = Tegangan input (Volt)

V_2 = Tegangan output (Volt)

E_1 = GGL efektif sisi primer (Volt)

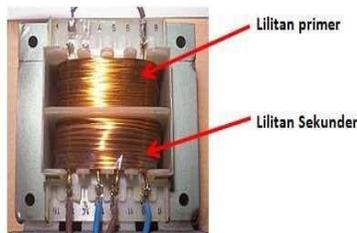
E_2 = GGL efektif sisi sekunder (Volt)

1. Komponen-komponen Transformator

Komponen transformator terdiri dari tiga bagian, yaitu peralatan utama, peralatan bantu, dan peralatan proteksi.

- Peralatan Transformator Terdiri Dari :

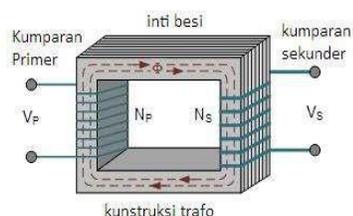
A. Kumbaran Transformator



Gambar 2.3. Kumbaran Transformator

Kumbaran trafo terdiri dari beberapa lilitan kawat tembaga yang terisolasi dengan (karton, *pertinax*, dll) untuk mengisolasi baik terhadap inti besi maupun kumbaran lain. Untuk trafo dengan daya besar lilitan dimasukkan dalam minyak trafo sebagai media pendingin. Banyaknya lilitan akan menentukan besar tegangan dan arus yang ada pada sisi sekunder. Kadangkala Transformator memiliki kumbaran tertier.

B. Inti Besi



Gambar 2.4. Inti besi

Merupakan salah satu komponen yang ada di Transformator, inti besi terbuat dari lembaran-lembaran besi atau dikenal dengan silikon yang dijadikan satu dengan cara di klem.

C. Minyak Transformator

Sebagian besar dari transformator tenaga, kumparankumbaran dan intinya direndam dalam minyak transformator, terutama pada transformator-transformator daya yang berkapasitas besar.

D. Bushing



Gambar 2.5. bushing

Bushing merupakan salah satu komponen pada transformator yang berfungsi sebagai penghubung antara belitan dengan beberapa jaringan luar. Ada 2 jenis *bushing* yang terdapat pada Transformator antara lain : *Bushing* primer yaitu *bushing* yang terpasang diatas tangki trafo dan dekat dengan *arrester* yang berfungsi sebagai penghubung antara sumber tegangan listrik yang akan dirubah tegangannya di dalam trafo. Kedua ada *bushing* sekunder yaitu *bushing* yang terpasang disisi depan trafo dan berfungsi sebagai penyalur tegangan keluaran atau output dari transformator yang siap disalurkan ke berbagai konsumen energi listrik.

E. Tangki dan Konservator



Gambar 2.6. Tangki konservator

Pada umumnya bagian-bagian dari transformator yang terendam minyak transformator, berada atau ditempatkan di dalam tangki, dan untuk menampung pemuaian pada minyak transformator, maka tangki dilengkapi dengan sebuah konservator. Terdapat beberapa jenis tangki, diantaranya adalah:

Jenis sirip (*tank corrugated*), Badan tangki terbuat dari pelat baja bercanai dingin yang menjalani penekukan, pemotongan dan proses pengelasan otomatis, untuk membentuk badan tangki bersirip, siripnya berfungsi sebagai radiator pendingin sekaligus sebagai media pernapasan trafo.

Jenis tangki *Conventional Beradiator*, Jenis tangki terdiri dari badan tangki dan tutup yang terbuat dari *mild steel plate* (plat baja bercanai panas) ditebuk dan di las sesuai dimensi yang diinginkan, sedang radiator jenis panel terbuat dari pelat baja bercanai dingin (*cold rolled*

steel sheets). Transformator ini umumnya dilengkapi dengan konservator dan digunakan untuk 25.000 kVA

Hermetically Sealed Tank With N2 Cushined, Tipe tangki ini sama dengan jenis *conventional*, tetapi di atas permukaan minyak terdapat gas nitrogen untuk mencegah kontak antara minyak dengan udara luar.

Peralatan Bantu

A. Sistem Pendingin

Energy yang hilang dalam bentuk panas yang dihasilkan oleh inti besi dan kumparan, dapat menyebabkan temperatur yang berlebihan dalam tangki dan merusak isolasi disekitar *conductor*. Untuk itu dibutuhkan pendinginan Transformator. Metode pendinginan harus mampu mempertahankan temperatur rata-rata yang cukup rendah dan mampu mencegah timbulnya temperature yang berlebihan pada setiap bagian trafo serta terbentuknya “*hot spots*”, dengan memberikan ruang sirkulasi yang bebas pada minyak. Terdapat dua jenis pendingin pada Transformator, diantaranya adalah :

1. Tipe kering

- a. AA :Pendingin udara natural
- b. AFA :Pendingin udara terpompa

c. Tipe basah

1) a. **ONAN : Oil Natural Air Natural**

Pada tipe ini oli akan bersirkulasi dengan alami.

Perputaran oli akan dipengaruhi oleh suhu dari oli tersebut.

2) b. **ONAF: Oil Natural Air Forced**

Pada tipe ini oli akan bersirkulasi dengan alami namun saat oli melalui radiator oli akan didinginkan dibantu dengan kipas/*fan*.

c. **OFAF: Oil Forced Air Forced**

Pada tipe ini oli akan didinginkan dengan bantuan pompa agar sirkulasi semakin cepat dan juga dibantu kipas/*fan* pada radiatornya[4]

B. Sistem Pernapasan

Karena pengaruh naik turunnya beban trafo dan suhu udara luar, maka suhu minyak dalam trafo akan berubah mengikuti keadaan tersebut. Bila suhu minyak tinggi, maka minyak akan memuai dan mendesak udara di atas permukaan minyak keluar dari dalam tangki, sebaliknya apabila suhu minyak turun, maka minyak menyusut dan udara akan masuk dan mengisi ruang di atas permukaan minyak. Proses keluar masuknya udara ke dalam tangki disebut sebagai pernapasan trafo.

C. Tap Changer

Adalah alat perubah perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik (diinginkan), akibat tegangan jaringan primer yang berubahubah. Tap changer yang hanya dapat beroperasi untuk memindahkan tap trafo dalam keadaan tanpa beban disebut OFF Load tap Changer, dimana perubahan tapnya bersifat manual. Sedangkan tap changer yang beroperasi dalam keadaan berbeban disebut dengan ON Load Tap Changer (OLTC) dan dapat beroperasi secara manual ataupun otomatis.

D. Faktor Design Transformator

Bila dilihat dari sisi fluktuasi tegangan, sifat induktif dan stabilitas sistem, maka dikehendaki impedansi tegangan (Impedance Voltage) yang kecil, dan bila dilihat dari sisi pembatas arus hubung singkat dikehendaki tegangan impedansi yang besar. Untuk itu bila design trafo dipilih impedansi yang tinggi, maka tembaganya akan lebih berat, sedangkan bila dipilih impedansi yang rendah, maka besinya yang lebih berat.

E. Indikator

Untuk mengawasi selama Transformator beroperasi, maka perlu adanya indicator yang dipasang pada Transformator.

Indikator tersebut adalah sebagai berikut:

- indikator suhu minyak
- indikator permukaan minyak
- indikator sistem pendingin indikator kedudukan tap, dan sebagainya.

Beban Lebih

Pembebanan lebih pada Transformator daya merupakan terjadinya penambahan beban pada Transformator daya yang melebihi batas ketetapan dari kapasitas nominal Transformator tersebut. Kapasitas nominal Transformator daya dapat diketahui seperti yang tercantum pada name plate dari masing-masing Transformator daya. Kapasitas ini merupakan data pengenalan dari Transformator daya, yang memberi pengertian bahwa Transformator daya yang dimaksud hanya dapat dibebani secara kontinyu dengan batas nominal pada suhu standard, tetapi Transformator daya tersebut masih mungkin dibebani lebih pada batas yang ditentukan dalam publikasi IEC 354/72 yang telah diangkat menjadi SPLN 17A/79. Untuk perbebanan lebih dapat dikenakan kurang lebih 5% sampai dengan 10% dari kapasitas nominalnya.[5]

Akibat adanya beban lebih mampu menimbulkan adanya losses (rugirugi) pada Transformator. Sehingga mengakibatkan adanya peningkatan temperatur pada Transformator yang mampu menimbulkan panas dan menjadikan terjadinya penguraian dari bahan-bahan Transformator. Dengan adanya losses maka akan terjadi penurunan kapasitas yang terpasang pada Transformator tersebut. Oleh sebab itu, beban lebih yang terjadi pada Transformator harus diperhatikan agar tidak menimbulkan adanya penurunan kapasitas pada Transformator. Dalam keadaan tidak seimbang atau ketidakseimbangan beban pada fasa dapat dirumuskan melalui koefisien a, b dan c. Besar nilai energi listrik dalam keadaan seimbang pada koefisien a, b dan c sebesar 1. Adapun persamaan yang digunakan yaitu :

$$[IR] = a [I]$$

$$[IS] = b [I]$$

$$[IT] = c [I] \text{ Dimana ;}$$

$$IR = \text{Arus fasa R}$$

$$IS = \text{Arus fasa S}$$

$$IT = \text{Arus fasa T}$$

$$a = \text{Ketidakseimbangan arus fasa a (A)}$$

$$b = \text{Ketidakseimbangan arus fasa b (A)}$$

$$c = \text{Ketidakseimbangan arus fasa c (A)}$$

$$I = \text{Arus fasa(A)}$$

Adapun perhitungan yang digunakan untuk mengetahui rata-rata persentase ketidakseimbang menggunakan persamaan :

$$\text{Ketidakseimbangan} = \frac{\{|a-1|+|b-1|+c-1|\}}{3} \times 100$$

Untuk mengetahui adanya beban lebih pada Transformator yaitu dengan membandingkan arus tiap tiap fasa Transformator (R, S dan T) dengan 80% dari beban nominalnya. Jika arus tiap-tiap fasa (R, S dan T) lebih besar dari 80% beban nominalnya maka telah terjadi beban lebih pada Transformator tersebut. Standart pembebanan transformator sebesar 80% (menurut spln 17:1979) Sedangkan untuk mengetahui beban nominal pada Transformator yaitu dengan rumus perhitungan dibawah ini.

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Dimana :

$$S = \text{Daya Transformator (kVA)}$$

$$V = \text{Tegangan sisi sekunder (V)}$$

$$I_n = \text{Beban nominal (A)}$$

Penurunan Kapasitas Transformator

Penurunan merupakan menurunnya sebuah nilai dari nilai yang tinggi ke nilai yang rendah. Sedangkan kapasitas Transformator merupakan daya yang dimiliki oleh Transformator dalam satuan kVA (kilo Volt Ampere). Jadi penurunan kapasitas Transformator merupakan menurunnya nilai daya yang dimiliki oleh Transformator. Penurunan kapasitas yang terjadi pada Transformator disebabkan karena adanya pembebanan berlebih sehingga menimbulkan risiko kerusakan pada Transformator dan kinerjanya menjadi tidak andal.

Presentase Pembebanan

Presentase pembebanan (%) bisa diperoleh dari data pembebanan transformator daya sebagai berikut

$$\text{Presentase pembebanan} \% = \frac{\text{daya terpakai}}{\text{daya terpasang}}$$

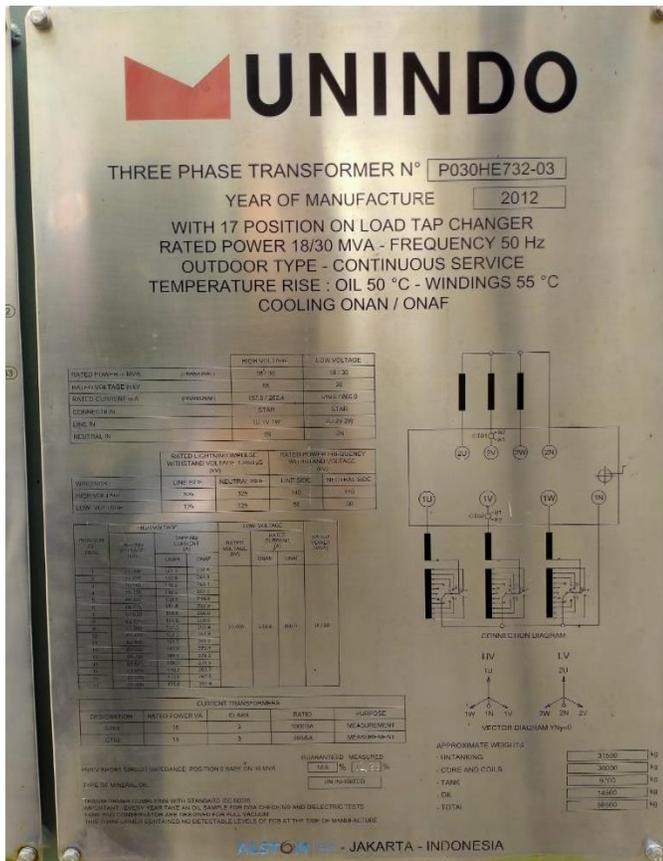
Dimana daya terpasang diperoleh dari kapasitas transformator yang terpasang[7]

III. METODE PENELITIAN

Untuk lokasi penelitian tugas akhir dilaksanakan di PT. PLN (Persero) ULTG Teling, yang berlokasi di Jl.Tololiu Supit, Kota manado. Sedangkan untuk pengambilan data dan pengumpulan data dilakukan di PT. PLN (Persero) ULTG Wilayah Suluttenggo yang berlokasi di Jl. Raya Tondano-Airmadidi ,Sawangan,Airmadidi,Kabupaten Minahasa Utara,Sulawesi Utara.

Penelitian ini dilakukan di Gardu Induk Sawangan dimana Transformator yang digunakan dalam penelitian ini adalah Trafo III dengan tegangan 70KV dan berkapasitas sebesar 30MVA 3 fasa.

Data selengkapnya dapat dilihat pada Name Plate di bawah ini :



	UNINDO
Year of Manufacture	2012
Standart	IEC 60076
Rated Power	18/30 MVA
Cooling	ONAN/ONAF
Type of oil	NYNAS LIBBA
Mass	Total 58500KG
	Oil 14500KG
	Untanking 31500 KG

Data beban hari 1 bulan Maret

TRAFOIII													
JAM	ARUS			TEGANGAN			MW	MVAR	TAP	OIL	WINDING		
	R	S	T	R	S	T					HV	LV	
00.00	56	56	56	67.6	67.6	67.6	6.3	1.2	11	43	42	43	
01.00	58	58	58	60.6	60.6	60.6	6.4	1.6	11	43	42	43	
02.00	58	58	58	60.6	60.6	60.6	6.4	1.6	11	43	42	43	
03.00	61	61	61	60.4	60.4	60.4	6.6	1.8	11	43	42	43	
04.00	61	61	61	60.4	60.4	60.4	6.6	1.8	11	43	42	43	
05.00	63	63	63	60.4	60.4	60.4	6.6	1.9	11	43	42	43	
06.00	63	63	63	60.4	60.4	60.4	6.8	1.9	11	43	42	43	
10.00	80	80	80	60.8	60.8	60.8	8.6	2.8	12	49	50	51	
14.00	82	82	82	65.4	65.4	65.4	8.8	2.8	12	52	53	54	
16.00	65	65	65	65.5	65.5	65.5	8.1	2.5	12	50	51	52	
18.00	73	73	73	66.2	66.2	66.2	8.5	2.2	12	49	50	51	
19.00	70	70	70	66.1	66.1	66.1	8.6	2	12	48	49	50	
22.00	73	73	73	66.1	66.1	66.1	7.2	1.5	11	46	47	48	

JAM	Ir
00.00	56
01.00	58
02.00	58
03.00	61
04.00	61
05.00	63
06.00	63
10.00	80
14.00	82
16.00	65
18.00	73
19.00	70
22.00	73
Total	863

JAM	Is
00.00	56
01.00	58
02.00	58
03.00	61
04.00	61
05.00	63
06.00	63
10.00	80
14.00	82
16.00	65
18.00	73
19.00	70
22.00	73
Total	863

JAM	It
00.00	56
01.00	58
02.00	58
03.00	61
04.00	61
05.00	63
06.00	63
10.00	80
14.00	82
16.00	65
18.00	73
19.00	70
22.00	73
Total	863

Ir rata-rata = $\frac{863}{13} = 66,38$ Is rata-rata = $\frac{863}{13} = 66,38$

It rata-rata = $\frac{863}{13} = 66,38$

Ir+Is+It = 199,14 A

Irata-rata = $\frac{199,14}{3} = 66,38$ A

JAM	Vr
00.00	67.6
01.00	60.6
02.00	60.6
03.00	60.4
04.00	60.4
05.00	60.4
06.00	60.4
10.00	60.8
14.00	65.4
16.00	65.5
18.00	66.2
19.00	66.1
22.00	66.1
Total	820

JAM	Vs
00.00	67.6
01.00	60.6
02.00	60.6
03.00	60.4
04.00	60.4
05.00	60.4
06.00	60.4
10.00	60.8
14.00	65.4
16.00	65.5
18.00	66.2
19.00	66.1
22.00	66.1
Total	820

JAM	Vt
00.00	67.6
01.00	60.6
02.00	60.6
03.00	60.4
04.00	60.4
05.00	60.4
06.00	60.4
10.00	60.8
14.00	65.4
16.00	65.5
18.00	66.2
19.00	66.1
22.00	66.1
Total	820

Vr rata-rata = $\frac{820}{13} = 63,11$ Vt rata-rata = $\frac{820}{13} = 63,11$

Vs rata-rata = $\frac{820}{13} = 63,11$

Vr+Vs+Vt = 189,33 KV

Vrata-rata = $\frac{189,33}{3} = 63,11$ KV

$$P = V.I.\sqrt{3}$$

$$= 63.11 \times 66.38 \times 1.73$$

$$= 7247 \text{ KVA}$$

$$= \frac{7247}{30000} \times 100\%$$

$$= 24,15 \%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan total pembebanan Trafo unit 3 pada hari 1 sebesar 24,15 %

Data beban hari 7 bulan Maret

JAM	TRAFO III											
	ARUS			TEGANGAN			MW	MVAR	TAP	OIL	WINDING	
	R	S	T	R	S	T					HV	LV
00.00	36	36	36	64.4	64.4	64.4	3.8	0.6	14	43	44	45
01.00	35	35	35	64.5	64.5	64.5	3.6	0.5	14	43	44	45
02.00	33	33	33	64.5	64.5	64.5	3.6	0.5	14	43	44	45
03.00	33	33	33	64.6	64.6	64.6	3.5	0.5	14	43	44	45
04.00	33	33	33	64.6	64.6	64.6	3.5	0.7	14	43	44	45
05.00	33	33	33	64.6	64.6	64.6	3.5	0.7	14	43	42	43
06.00	33	33	33	64.6	64.6	64.6	3.5	0.7	14	43	42	43
10.00	38	38	38	64.2	64.2	64.2	3.9	0.7	16	49	52	51
14.00	39	39	39	65.3	65.3	65.3	4.0	1.4	15	52	53	54
16.00	37	37	37	64.9	64.9	64.9	3.8	1.1	14	50	51	52
18.00	44	44	44	65.0	65.0	65.0	4.5	0.8	15	49	50	51
19.00	46	46	46	65.3	65.3	65.3	4.7	0.6	15	48	50	50
22.00	41	41	41	66.0	66.0	66.0	4.2	0.6	14	46	48	49

JAM	Ir
00.00	36
01.00	35
02.00	33
03.00	33
04.00	33
05.00	33
06.00	33
10.00	38
14.00	39
16.00	37
18.00	44
19.00	46
22.00	41
Total	443

JAM	Is
00.00	36
01.00	35
02.00	33
03.00	33
04.00	33
05.00	33
06.00	33
10.00	38
14.00	39
16.00	37
18.00	44
19.00	46
22.00	41
Total	443

JAM	It
00.00	36
01.00	35
02.00	33
03.00	33
04.00	33
05.00	33
06.00	33
10.00	38
14.00	39
16.00	37
18.00	44
19.00	46
22.00	41
Total	443

$Ir_{rata-rata} = \frac{443}{13} = 34,07$ A

$Is_{rata-rata} = \frac{443}{13} = 34,07$ A $It_{rata-rata} = \frac{443}{13} = 34,07$ A

Ir+Is+It = 102.21 A

$$I_{rata-rata} = \frac{102.21}{3} = 34,7 \text{ A}$$

JAM	Vr
00.00	64.4
01.00	64.5
02.00	64.5
03.00	64.6
04.00	64.6
05.00	64.6
06.00	64.6
10.00	64.2
14.00	65.3
16.00	64.9
18.00	65.0
19.00	65.3
22.00	66.0
Total	842

JAM	Vs
00.00	64.4
01.00	64.5
02.00	64.5
03.00	64.6
04.00	64.6
05.00	64.6
06.00	64.6
10.00	64.2
14.00	65.3
16.00	64.9
18.00	65.0
19.00	65.3
22.00	66.0
Total	842

JAM	Vt
00.00	64.4
01.00	64.5
02.00	64.5
03.00	64.6
04.00	64.6
05.00	64.6
06.00	64.6
10.00	64.2
14.00	65.3
16.00	64.9
18.00	65.0
19.00	65.3
22.00	66.0
Total	842

$$V_{r_{rata-rata}} = \frac{842}{13} = 64,76 \text{ KV}$$

$$V_{s_{rata-rata}} = \frac{842}{13} = 64,76 \text{ KV} \quad V_{t_{rata-rata}} = \frac{842}{13} = 64,76 \text{ KV}$$

$$V_r + V_s + V_t = 194,28 \text{ KV}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{194,28}{3} = 64.76 \text{ KV}$$

$$P = V.I.\sqrt{3}$$

$$= 64,76 \times 34.7 \times 1.73$$

$$= 3887.60 \text{ KVA}$$

$$= \frac{3887.60}{30000} \times 100\%$$

$$= 12,95\%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan total pembebanan Trafo unit 3 pada hari 7 sebesar 12,95%

Data beban hari 14 bulan Maret

TRAFO III												
JAM	ARUS			EGANGAN			MW	MVAR	TAP	OIL	WINDING	
	R	S	T	R	S	T					HV	LV
00.00	33	33	33	65.5	65.5	65.5	3.6	0.4	13	44	43	44
01.00	33	33	33	65.7	65.7	65.7	3.5	0.4	13	44	43	44
02.00	33	33	33	65.7	65.7	65.7	3.5	0.4	13	42	41	42
03.00	32	32	32	65.7	65.7	65.7	3.3	0.5	13	42	41	42
04.00	32	32	32	65.5	65.5	65.5	3.3	0.5	13	42	41	42
05.00	32	32	32	65.5	65.5	65.5	3.3	0.5	13	42	41	42
06.00	32	32	32	65.5	65.5	65.5	3.3	0.5	13	42	41	42
10.00	39	39	39	0	0	0	3.8	1.2	15	52	53	53
14.00	42	42	42	62.5	62.7	62.4	4	1.3	17	52	53	53
16.00	41	41	41	64.2	64.2	64.2	4.1	1.2	16	51	50	51
18.00	42	42	42	66.3	66.3	66.3	4.7	0.8	14	51	50	51
19.00	45	45	45	66.3	66.3	66.3	5	0.5	14	51	50	51
22.00	41	41	41	66	66	66	4.3	0.6	13	48	47	48

JAM	Ir
00.00	33
01.00	33
02.00	33
03.00	32
04.00	32
05.00	32
06.00	32
10.00	39
14.00	42
16.00	41
18.00	42
19.00	45
22.00	41
Total	486

JAM	Is
00.00	33
01.00	33
02.00	33
03.00	32
04.00	32
05.00	32
06.00	32
10.00	39
14.00	42
16.00	41
18.00	42
19.00	45
22.00	41
Total	486

JAM	It
00.00	33
01.00	33
02.00	33
03.00	32
04.00	32
05.00	32
06.00	32
10.00	39
14.00	42
16.00	41
18.00	42
19.00	45
22.00	41
Total	486

$$I_{r_{rata-rata}} = \frac{486}{13} = 37,38 \quad I_{s_{rata-rata}} = \frac{486}{13} = 37,38 \quad I_{t_{rata-rata}} = \frac{486}{13} = 37,38$$

$$I_r + I_s + I_t = 112.14 \text{ A}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{112.4}{3} = 37,46 \text{ A}$$

JAM	Vr
00.00	65.5
01.00	65.7
02.00	65.7
03.00	65.7
04.00	65.5
05.00	65.5
06.00	65.5
10.00	0
14.00	62.5
16.00	64.2
18.00	66.3
19.00	66.3
22.00	66
Total	718,4

JAM	Vs
00.00	65.5
01.00	65.7
02.00	65.7
03.00	65.7
04.00	65.5
05.00	65.5
06.00	65.5
10.00	0
14.00	62.7
16.00	64.2
18.00	66.3
19.00	66.3
22.00	66
Total	718,6

JAM	Vt
00.00	65.5
01.00	65.7
02.00	65.7
03.00	65.7
04.00	65.5
05.00	65.5
06.00	65.5
10.00	0
14.00	62.4
16.00	64.2
18.00	66.3
19.00	66.3
22.00	66
Total	718,3

Data beban hari 21 bulan Maret

TRAFO III													
JAM	ARUS			EGANGAN			MW	MVAR	TAP	OIL	WINDING		
	R	S	T	R	S	T					HV	LV	
													00.00
01.00	33	33	33	65.8	66.1	65.8	3.7	0.6	14	44	43	44	
02.00	33	33	33	65.8	66.1	65.8	3.7	0.6	14	44	43	44	
03.00	33	33	33	65.9	66.2	65.9	3.7	0.6	14	44	43	44	
04.00	33	33	33	65.9	66.2	65.9	3.7	0.6	14	44	43	44	
05.00	33	33	33	65.9	66.2	65.9	3.7	0.6	14	44	43	44	
06.00	36	36	36	65.9	66.1	65.8	3.8	0.6	14	44	43	44	
10.00	39	39	39	64.4	64.4	64.3	3.9	1.3	15	52	53	53	
14.00	39	39	39	63.6	63.8	63.8	4	1.3	16	52	53	53	
16.00	41	41	41	64.9	64.9	64.9	4	1.3	15	51	50	51	
18.00	47	47	47	65.4	65.4	65.4	4.0	0.9	15	51	50	51	
19.00	47	47	47	65.8	65.8	65.8	5	0.7	14	51	50	51	
22.00	41	41	41	66.6	66.6	66.6	4.3	0.6	13	48	47	48	

$$V_{r_{rata-rata}} = \frac{718,4}{13} = 55,26 \text{ KV} \quad V_{s_{rata-rata}} = \frac{718,6}{13} = 55,27 \text{ KV}$$

$$V_{t_{rata-rata}} = \frac{718,3}{13} = 55,25 \text{ KV}$$

$$V_r + V_s + V_t = 165,78 \text{ KV}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{165,78}{3} = 55,26 \text{ KV}$$

$$P = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

$$= 55,26 \times 37,46 \times 1,73$$

$$= 3581,16 \text{ KVA}$$

$$= \frac{3581,16}{30000} \times 100\%$$

$$= 11,93\%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan total pembebanan

Trafo unit 3 pada hari 14 sebesar 11,93%

JAM	Ir
00.00	35
01.00	33
02.00	33
03.00	33
04.00	33
05.00	33
06.00	36
10.00	39
14.00	39
16.00	41
18.00	47
19.00	47
22.00	41
Total	490

JAM	Is
00.00	35
01.00	33
02.00	33
03.00	33
04.00	33
05.00	33
06.00	36
10.00	39
14.00	39
16.00	41
18.00	47
19.00	47
22.00	41
Total	490

JAM	It
00.00	35
01.00	33
02.00	33
03.00	33
04.00	33
05.00	33
06.00	36
10.00	39
14.00	39
16.00	41
18.00	47
19.00	47
22.00	41
Total	490

$$I_{r_{rata-rata}} = \frac{490}{13} = 37,69 \text{ A} \quad I_{s_{rata-rata}} = \frac{490}{13} = 37,69 \text{ A}$$

$$I_{t_{rata-rata}} = \frac{490}{13} = 37,69 \text{ A}$$

$$I_r + I_s + I_t = 113,07 \text{ A}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{113,07}{3} = 37,69 \text{ A}$$

JAM	Vr
00.00	65.8
01.00	65.8
02.00	65.8
03.00	65.9
04.00	65.9
05.00	65.9
06.00	65.9
10.00	64.4
14.00	63.6
16.00	64.9
18.00	65.4
19.00	65.8
22.00	66.6
Total	851.7

JAM	Vs
00.00	66.1
01.00	66.1
02.00	66.1
03.00	66.2
04.00	66.2
05.00	66.2
06.00	66.1
10.00	64.4
14.00	63.8
16.00	64.9
18.00	65.4
19.00	65.8
22.00	66.6
Total	853.9

JAM	Vt
00.00	65.8
01.00	65.8
02.00	65.8
03.00	65.9
04.00	65.9
05.00	65.9
06.00	65.8
10.00	64.3
14.00	63.8
16.00	64.9
18.00	65.4
19.00	65.8
22.00	66.6
Total	851.7

Data beban hari 28 bulan Maret

TRAFO III											
ARUS			TEGANGAN			MW	MVAR	TAP	OIL	WINDING	
R	S	T	R	S	T					HV	LV
35	35	35	66.5	66.5	66.5	3.8	0.6	14	43	42	43
33	33	33	65.4	65.4	65.4	3.6	0.6	14	43	42	43
33	33	33	65.6	65.6	65.6	3.5	0.6	14	43	42	43
33	33	33	65.6	65.6	65.6	3.5	0.6	14	43	42	43
33	33	33	65.6	65.6	65.6	3.4	0.6	14	43	42	43
33	33	33	65.5	65.5	65.5	3.4	0.6	14	43	42	43
33	33	33	65.5	65.5	65.5	3.4	0.6	14	43	42	43
40	40	40	63.7	63.7	63.7	4.1	1.3	16	51	52	53
38	38	38	64.8	64.8	64.8	3.9	1.3	15	52	53	54
41	42	43	64	64	64	4.1	1.4	15	50	49	50
47	48	49	64.3	64.3	64.3	4.8	0.9	15	50	49	50
48	49	50	64.5	64.5	64.5	5.1	0.8	15	48	47	48
42	43	44	65.3	65.3	65.3	4.5	0.8	15	48	47	48

$$V_{r_{rata-rata}} = \frac{851.7}{13} = 65.51KV \quad V_{s_{rata-rata}} = \frac{853.9}{13} = 65.68KV$$

$$V_{t_{rata-rata}} = \frac{851.7}{13} = 65.51KV$$

$$V_r + V_s + V_t = 196.7 KV$$

$$V_{rata-rata} = \frac{196.7}{3} = 65.56 KV$$

$$P = V.I.\sqrt{3}$$

$$= 65.56 \times 37.69 \times 1.73$$

$$= 4277 KVA$$

$$= \frac{4277}{30000} \times 100\%$$

$$= 14.25\%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan total pembebanan Trafo unit 3 pada hari 21 sebesar 14.25%

JAM	Ir
00.00	35
01.00	33
02.00	33
03.00	33
04.00	33
05.00	33
06.00	33
10.00	40
14.00	38
16.00	41
18.00	47
19.00	48
22.00	42
Total	489

JAM	Is
00.00	35
01.00	33
02.00	33
03.00	33
04.00	33
05.00	33
06.00	33
10.00	40
14.00	38
16.00	42
18.00	48
19.00	49
22.00	43
Total	493

JAM	It
00.00	35
01.00	33
02.00	33
03.00	33
04.00	33
05.00	33
06.00	33
10.00	40
14.00	38
16.00	43
18.00	49
19.00	50
22.00	44
Total	497

$$I_{r_{rata-rata}} = \frac{489}{13} = 37.61A$$

$$I_{s_{rata-rata}} = \frac{493}{13} = 37.92 A \quad I_{t_{rata-rata}} = \frac{497}{13} = 38.23 A$$

$$I_r + I_s + I_t = 113.76 A$$

$$I_{rata-rata} = \frac{113.76}{3} = 37.92 A$$

JAM	Vr
00.00	66.5
01.00	65.4
02.00	65.6
03.00	65.6
04.00	65.6
05.00	65.5
06.00	65.5
10.00	63.7
14.00	64.8
16.00	64
18.00	64.3
19.00	64.5
22.00	65.3
Total	846.3

JAM	Vs
00.00	66.5
01.00	65.4
02.00	65.6
03.00	65.6
04.00	65.6
05.00	65.5
06.00	65.5
10.00	63.7
14.00	64.8
16.00	64
18.00	64.3
19.00	64.5
22.00	65.3
Total	846.3

JAM	Vt
00.00	66.5
01.00	65.4
02.00	65.6
03.00	65.6
04.00	65.6
05.00	65.5
06.00	65.5
10.00	63.7
14.00	64.8
16.00	64
18.00	64.3
19.00	64.5
22.00	65.3
Total	846.3

$$\frac{37.61}{37.92} = 0.99$$

$$a = 37.92$$

$$\frac{37.92}{37.92} = 1$$

$$b = 37.92$$

$$\frac{38.23}{37.29} = 1.008$$

$$c = 37.29$$

$$\text{Iketidakseimbangan} = \frac{\{|0.99-1|+|1-1|+|1.008-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$= 0,6\%$$

$$V_{r \text{ rata-rata}} = \frac{846.3}{13} = 65.1 \text{ KV}$$

$$V_{s \text{ rata-rata}} = \frac{846.3}{13} = 65.1 \text{ KV}$$

$$V_{t \text{ rata-rata}} = \frac{846.3}{13} = 65.1 \text{ KV}$$

$$V_r + V_s + V_t = 195.3 \text{ KV}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{195.3}{3} = 65.1 \text{ KV}$$

$$P = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

$$= 65.1 \times 37.92 \times 1.73$$

$$= 4270 \text{ KVA}$$

$$= \frac{4270}{30000} \times 100\%$$

$$= 14.23 \%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan total pembebanan Trafo unit 3 pada hari 28 sebesar 14.23%

Ketidakseimbangan beban hari 28 bulan Maret

$$\text{Iketidakseimbangan} = \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$I_r = a \times I_{\text{rata-rata}} \quad \text{maka : } a = \frac{I_r}{I_{\text{rata-rata}}}$$

$$I_s = b \times I_{\text{rata-rata}} \quad \text{maka : } b = \frac{I_s}{I_{\text{rata-rata}}}$$

$$I_t = c \times I_{\text{rata-rata}} \quad \text{maka : } c = \frac{I_t}{I_{\text{rata-rata}}}$$

Data beban hari 1 bulan April

TRAFO III											
ARUS			EGANGA			MW	MVAR	TAP	OIL	WINDING	
R	S	T	R	S	T					HV	LV
37	37	37	65.8	65.8	65.8	3.8	0.6	14	43	44	45
35	35	35	65.9	65.9	65.9	3.6	0.6	14	43	44	45
34	34	34	66.0	66.0	66.0	3.5	0.6	14	43	44	45
33	33	33	66.0	66.0	66.0	3.4	0.6	14	43	44	45
33	33	33	66.0	66.0	66.0	3.4	0.6	14	43	44	45
34	34	34	66.0	66.0	66.0	3.5	0.6	14	43	44	45
36	36	36	65.8	65.8	65.8	3.7	0.7	14	44	45	46
33	33	33	66.0	66.0	66.0	3.4	0.6	14	43	44	45
33	33	33	66.0	66.0	66.0	3.4	0.6	14	43	44	45
39	39	39	64.7	64.9	64.7	4	1.2	14	49	50	50
45	45	45	64.9	65.1	64.8	4.7	0.8	14	46	47	48
47	47	47	64.4	64.7	64.4	4.9	0.7	14	46	47	48
39	39	39	64.5	64.7	64.4	4.9	0.7	14	46	47	48

JAM	Ir
00.00	37
01.00	35
02.00	34
03.00	33
04.00	33
05.00	34
06.00	36
10.00	33
14.00	33
16.00	39
18.00	45
19.00	47
22.00	39
Total	478

JAM	Is
00.00	37
01.00	35
02.00	34
03.00	33
04.00	33
05.00	34
06.00	36
10.00	33
14.00	33
16.00	39
18.00	45
19.00	47
22.00	39
Total	478

JAM	It
00.00	37
01.00	35
02.00	34
03.00	33
04.00	33
05.00	34
06.00	36
10.00	33
14.00	33
16.00	39
18.00	45
19.00	47
22.00	39
Total	478

$$V_{rata-rata} = \frac{196.65}{3} = 65.55 \text{ KV}$$

$$P = V.I.\sqrt{3}$$

$$= 65.55 \times 36.76 \times 1.73$$

$$= 4168 \text{ KVA}$$

$$= \frac{4168}{30000} \times 100\%$$

$$= 13.89 \%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan total pembebanan Trafo unit 3 pada hari 1 sebesar 13.89%

$$I_{r_{rata-rata}} = \frac{478}{13} = 36.76 \text{ A} \quad I_{s_{rata-rata}} = \frac{478}{13} = 36.76 \text{ A}$$

$$I_{t_{rata-rata}} = \frac{478}{13} = 36.76 \text{ A}$$

$$I_r + I_s + I_t = 110.28 \text{ A}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{110.28}{3} = 36.76 \text{ A}$$

JAM	Vr
00.00	65.8
01.00	65.9
02.00	66.0
03.00	66.0
04.00	66.0
05.00	66.0
06.00	65.8
10.00	66.0
14.00	66.0
16.00	64.7
18.00	64.9
19.00	64.4
22.00	64.5
Total	852

JAM	Vs
00.00	65.8
01.00	65.9
02.00	66.0
03.00	66.0
04.00	66.0
05.00	66.0
06.00	65.8
10.00	66.0
14.00	66.0
16.00	64.9
18.00	65.1
19.00	64.7
22.00	64.7
Total	852.9

JAM	Vt
00.00	65.8
01.00	65.9
02.00	66.0
03.00	66.0
04.00	66.0
05.00	66.0
06.00	65.8
10.00	66.0
14.00	66.0
16.00	64.7
18.00	64.8
19.00	64.4
22.00	64.4
Total	851.8

$$V_{r_{rata-rata}} = \frac{852}{13} = 65.53 \text{ KV}$$

$$V_{s_{rata-rata}} = \frac{852.9}{13} = 65.60 \text{ KV}$$

$$V_{t_{rata-rata}} = \frac{851.8}{13} = 65.52 \text{ KV}$$

$$V_r + V_s + V_t = 196.65 \text{ KV}$$

Data beban hari 7 bulan April

TRAFO III											
ARUS			TEGANGAN			MW	MVAR	TAP	OIL	WINDING	
R	S	T	R	S	T					HV	LV
37	37	37	65.8	65.8	65.8	3.8	0.6	14	43	44	45
35	35	35	65.9	65.9	65.9	3.6	0.6	14	43	44	45
34	34	34	65.9	65.9	65.9	3.5	0.6	14	43	44	45
33	33	33	66.2	66.2	66.2	3.4	0.6	14	43	44	45
33	33	33	66.2	66.2	66.2	3.4	0.6	14	43	44	45
34	34	34	65.7	65.7	65.7	3.5	0.6	14	43	44	45
35	35	35	65.5	65.5	65.5	3.6	0.8	14	43	44	45
33	33	33	66.2	66.2	66.2	3.4	0.6	14	43	44	45
33	33	33	66.2	66.2	66.2	3.4	0.6	14	43	44	45
38	38	38	64.5	64.7	64.5	3.7	1.0	15	50	50	51
47	47	47	64.8	65	64.8	4.8	0.9	15	48	49	49
47	47	47	64.9	65.1	64.8	4.8	0.9	15	48	49	49
41	41	41	66.1	66.3	66	4.3	0.7	14	48	49	49

JAM	Ir
00.00	37
01.00	35
02.00	34
03.00	33
04.00	33
05.00	34
06.00	35
10.00	33
14.00	33
16.00	38
18.00	47
19.00	47
22.00	41
Total	480

JAM	Is
00.00	37
01.00	35
02.00	34
03.00	33
04.00	33
05.00	34
06.00	35
10.00	33
14.00	33
16.00	38
18.00	47
19.00	47
22.00	41
Total	480

JAM	It
00.00	37
01.00	35
02.00	34
03.00	33
04.00	33
05.00	34
06.00	35
10.00	33
14.00	33
16.00	38
18.00	47
19.00	47
22.00	41
Total	480

$$V_{rata-rata} = \frac{197.24}{3} = 65.74 \text{ KV}$$

$$P = V.I.\sqrt{3}$$

$$= 65.74 \times 36.92 \times 1.73$$

$$= 4198 \text{ KVA}$$

$$= \frac{4198}{30000} \times 100\%$$

$$= 13.99 \%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan total pembebanan Trafo unit 3 pada hari 7 sebesar 13.99%

$$I_{r_{rata-rata}} = \frac{480}{13} = 36.92 \text{ A} \quad I_{s_{rata-rata}} = \frac{480}{13} = 36.92 \text{ A}$$

$$I_{t_{rata-rata}} = \frac{480}{13} = 36.92 \text{ A}$$

$$I_r + I_s + I_t = 110.76 \text{ A}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{110.76}{3} = 36.92 \text{ A}$$

JAM	Vr
00.00	65.8
01.00	65.9
02.00	65.9
03.00	66.2
04.00	66.2
05.00	65.7
06.00	65.5
10.00	66.2
14.00	66.2
16.00	64.5
18.00	64.8
19.00	64.9
22.00	66.1
Total	853.9

JAM	Vs
00.00	65.8
01.00	65.9
02.00	65.9
03.00	66.2
04.00	66.2
05.00	65.7
06.00	65.5
10.00	66.2
14.00	66.2
16.00	64.7
18.00	65
19.00	65.1
22.00	66.3
Total	854.7

JAM	Vt
00.00	65.8
01.00	65.9
02.00	65.9
03.00	66.2
04.00	66.2
05.00	65.7
06.00	65.5
10.00	66.2
14.00	66.2
16.00	64.5
18.00	64.8
19.00	64.8
22.00	66
Total	853.7

$$V_{r_{rata-rata}} = \frac{853.9}{13} = 65.84 \text{ KV}$$

$$V_{s_{rata-rata}} = \frac{854.7}{13} = 65.74 \text{ KV} \quad V_{t_{rata-rata}} = \frac{853.7}{13} = 65.66 \text{ KV}$$

$$V_r + V_s + V_t = 197.24 \text{ KV}$$

Data beban hari 14 bulan April

TRAFO III												
ARUS			TEGANGAN			MW	MVAR	TAP	OIL	WINDING		
R	S	T	R	S	T					HV	LV	
35	35	35	66.1	66.1	66.1	3.7	0.5	13	43	42	43	
33	33	33	66.2	66.2	66.2	3.6	0.5	13	43	42	43	
33	33	33	66.1	66.1	66.1	3.6	0.5	13	43	42	43	
32	32	32	66.1	66.1	66.1	3.4	0.5	13	43	42	43	
32	32	32	66.1	66.1	66.1	3.4	0.5	13	43	42	43	
32	32	32	66.1	66.1	66.1	3.4	0.5	13	44	43	44	
32	32	32	66.1	66.1	66.1	3.4	0.5	13	44	43	44	
39	39	39	63.7	63.9	63.6	3.8	1.1	16	52	53	53	
39	39	39	63.9	64	63.7	3.8	1.2	16	52	53	53	
38	38	38	64	64	64	3.9	1.1	16	50	49	50	
45	45	45	64.2	64.2	64.2	4.7	0.8	16	50	49	50	
45	45	45	64.6	64.6	64.6	4.8	0.6	15	50	49	50	
41	41	41	65.5	65.5	65.5	4.2	0.7	15	48	47	48	

JAM	Ir
00.00	35
01.00	33
02.00	33
03.00	32
04.00	32
05.00	32
06.00	32
10.00	39
14.00	39
16.00	38
18.00	45
19.00	45
22.00	41
Total	476

JAM	Is
00.00	35
01.00	33
02.00	33
03.00	32
04.00	32
05.00	32
06.00	32
10.00	39
14.00	39
16.00	38
18.00	45
19.00	45
22.00	41
Total	476

JAM	It
00.00	35
01.00	33
02.00	33
03.00	32
04.00	32
05.00	32
06.00	32
10.00	39
14.00	39
16.00	38
18.00	45
19.00	45
22.00	41
Total	476

$$V_{t_{rata-rata}} = \frac{848}{13} = 65.23 \text{ KV}$$

$$V_r + V_s + V_t = 195.81 \text{ KV}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{195.81}{3} = 65.27 \text{ KV}$$

$$P = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

$$= 65.27 \times 36.61 \times 1.73$$

$$= 4133 \text{ KVA}$$

$$= \frac{4133}{30000} \times 100\%$$

$$= 13.77 \%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan total pembebanan Trafo unit 3 pada hari 14 sebesar 13.77%

$$I_{r_{rata-rata}} = \frac{476}{13} = 36.61 \text{ A} \quad I_{s_{rata-rata}} = \frac{476}{13} = 36.61 \text{ A}$$

$$I_{t_{rata-rata}} = \frac{476}{13} = 36.61 \text{ A}$$

$$I_r + I_s + I_t = 109.83$$

$$I_{rata-rata} = \frac{109.83}{3} = 36.61 \text{ A}$$

JAM	Vr
00.00	66.1
01.00	66.2
02.00	66.1
03.00	66.1
04.00	66.1
05.00	66.1
06.00	66.1
10.00	63.7
14.00	63.9
16.00	64
18.00	64.2
19.00	64.6
22.00	65.5
Total	848.7

JAM	Vs
00.00	66.1
01.00	66.2
02.00	66.1
03.00	66.1
04.00	66.1
05.00	66.1
06.00	66.1
10.00	63.9
14.00	64
16.00	64
18.00	64.2
19.00	64.6
22.00	65.5
Total	849

JAM	Vt
00.00	66.1
01.00	66.2
02.00	66.1
03.00	66.1
04.00	66.1
05.00	66.1
06.00	66.1
10.00	63.6
14.00	63.7
16.00	64
18.00	64.2
19.00	64.6
22.00	65.5
Total	848.4

$$V_{r_{rata-rata}} = \frac{848.7}{13} = 65.28 \text{ KV} \quad V_{s_{rata-rata}} = \frac{849}{13} = 65.30 \text{ KV}$$

Data beban hari 21 bulan April

JAM	TRAFO III											
	ARUS			TEGANGAN			MW	MVAR	TAP	OIL	WINDING	
	R	S	T	R	S	T					HV	LV
00.00	39	39	39	66.3	66.3	66.3	4.1	0.7	13	44	43	44
01.00	35	35	35	66.4	66.4	66.4	3.8	0.6	13	44	43	44
02.00	33	33	33	66.3	66.3	66.3	3.7	0.6	13	44	43	44
03.00	32	32	32	66.5	66.5	66.5	3.5	0.5	13	44	43	44
04.00	32	32	32	66.5	66.5	66.5	3.5	0.6	13	44	43	44
05.00	33	33	33	66.4	66.4	66.4	3.5	0.6	13	44	43	44
06.00	33	33	33	66.4	66.4	66.4	3.5	0.6	13	44	43	44

JAM	Ir
00.00	39
01.00	35
02.00	33
03.00	32
04.00	32
05.00	33
06.00	33
Total	237

JAM	Is
00.00	39
01.00	35
02.00	33
03.00	32
04.00	32
05.00	33
06.00	33
Total	237

JAM	It
00.00	39
01.00	35
02.00	33
03.00	32
04.00	32
05.00	33
06.00	33
Total	237

$$I_{r_{rata-rata}} = \frac{237}{7} = 33.85A$$

$$I_{s_{rata-rata}} = \frac{237}{7} = 33.85A$$

$$I_{t_{rata-rata}} = \frac{237}{7} = 33.85A$$

$$I_r + I_s + I_t = 101.55 A$$

$$I_{rata-rata} = \frac{101.55}{3} = 33.85 A$$

JAM	Vr
00.00	66.3
01.00	66.4
02.00	66.3
03.00	66.5
04.00	66.5
05.00	66.4
06.00	66.4
Total	464.8

JAM	Vs
00.00	66.3
01.00	66.4
02.00	66.3
03.00	66.5
04.00	66.5
05.00	66.4
06.00	66.4
Total	464.8

JAM	Vt
00.00	66.3
01.00	66.4
02.00	66.3
03.00	66.5
04.00	66.5
05.00	66.4
06.00	66.4
Total	464.8

$$V_{r_{rata-rata}} = \frac{464.8}{7} = 66.4KV \quad V_{s_{rata-rata}} = \frac{464.8}{7} = 66.4KV$$

$$V_{t_{rata-rata}} = \frac{464.8}{7} = 66.4KV$$

$$V_r + V_s + V_t = 199.2KV$$

$$V_{rata-rata} = \frac{199.2}{3} = 66.4 KV$$

$$P = V.I.\sqrt{3}$$

$$= 66.4 \times 33.85 \times 1.73$$

$$= 3888 KVA$$

$$= \frac{3888}{30000} \times 100\%$$

$$= 12.96 \%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan total pembebanan Trafo unit 3 pada hari 21 sebesar 12.96%

Data beban hari 28 Bulan April

TRAFO III											
ARUS			TEGANGAN			MW	MVAR	TAP	OIL	WINDING	
R	S	T	R	S	T					HV	LV
38	38	38	66.3	66.3	66.3	3.9	0.7	14	44	45	46
36	36	36	66.4	66.4	66.4	3.7	0.6	14	44	45	46
35	35	35	66.6	66.6	66.6	3.6	0.5	14	44	45	46
34	34	34	66.8	66.8	66.8	3.5	0.4	13	44	45	46
33	33	33	66.9	66.9	66.9	3.4	0.4	13	44	45	46
33	33	33	66.9	66.9	66.9	3.4	0.4	13	44	45	46
34	34	34	66.6	66.6	66.6	3.5	0.6	13	44	45	46
39	39	39	63.9	64.0	63.7	3.8	1.2	16	52	53	53
38	38	38	64.0	64.0	64.0	3.9	1.1	16	50	49	50
41	41	41	65.8	66	65.8	4.1	1.1	14	52	52	53
45	45	45	66.3	66.5	66.3	4.1	1.1	14	49	48	49
45	45	45	66.2	66.5	66.3	4.1	1.1	14	49	48	49
41	41	41	66.2	66.4	66.2	4.4	0.7	13	49	48	49

JAM	Ir
00.00	38
01.00	36
02.00	35
03.00	34
04.00	33
05.00	33
06.00	34
10.00	39
14.00	38
16.00	41
18.00	45
19.00	45
22.00	41
Total	492

JAM	Is
00.00	38
01.00	36
02.00	35
03.00	34
04.00	33
05.00	33
06.00	34
10.00	39
14.00	38
16.00	41
18.00	45
19.00	45
22.00	41
Total	492

JAM	It
00.00	38
01.00	36
02.00	35
03.00	34
04.00	33
05.00	33
06.00	34
10.00	39
14.00	38
16.00	41
18.00	45
19.00	45
22.00	41
Total	492

$$I_{r_{rata-rata}} = \frac{492}{13} = 37.84A \quad I_{s_{rata-rata}} = \frac{492}{13} = 37.84A$$

$$I_{t_{rata-rata}} = \frac{492}{13} = 37.84A$$

$$I_r + I_s + I_t = 113.52 A$$

$$I_{rata-rata} = \frac{113.52}{3} = 37.84A$$

JAM	Vr
00.00	66.3
01.00	66.4
02.00	66.6
03.00	66.8
04.00	66.9
05.00	66.9
06.00	66.6
10.00	63.9
14.00	64.0
16.00	65.8
18.00	66.3
19.00	66.2
22.00	66.2
Total	858.9

JAM	Vs
00.00	66.3
01.00	66.4
02.00	66.6
03.00	66.8
04.00	66.9
05.00	66.9
06.00	66.6
10.00	64.0
14.00	64.0
16.00	66
18.00	66.5
19.00	66.5
22.00	66.4
Total	859.9

JAM	Vt
00.00	66.3
01.00	66.4
02.00	66.6
03.00	66.8
04.00	66.9
05.00	66.9
06.00	66.6
10.00	63.7
14.00	64.0
16.00	65.8
18.00	66.3
19.00	66.3
22.00	66.2
Total	858.8

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil Perhitungan dan Analisis pembebanan

Hasil perhitungan presentase pembebanan pada Transformator yang diambil dari 5 hari di bulan Maret dengan arus tertinggi didapat :

Bulan Maret	
hari	%pembebanan
1	24.15%
7	12.95%
14	11.93%
21	14.25%
28	14.23%

$$V_{r\text{rata-rata}} = \frac{858.9}{13} = 66.06\text{KV} \quad V_{s\text{rata-rata}} = \frac{859.9}{13} = 66.14\text{KV} \quad V_{t\text{rata-rata}} = \frac{858.8}{13} = 66.06\text{KV}$$

$$V_r + V_s + V_t = 198.26\text{KV}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{198.26}{3} = 66.08\text{KV}$$

$$P = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

$$= 66.08 \times 37.84 \times 1.73$$

$$= 4324\text{KVA}$$

$$= \frac{4324}{30000} \times 100\%$$

$$= 14.41\%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan total pembebanan Trafo unit 3 pada hari 28 sebesar 14.41%

Hasil perhitungan presentase pembebanan pada Transformator yang diambil dari 5 hari di bulan April dengan arus tertinggi didapat :

Bulan April	
hari	%pembebanan
1	13.89%
7	13.99%
14	13.77%
21	12.96%
28	14.41%

Dari hasil perhitungan diatas bisa disimpulkan bahwa kondisi dan kualitas dari Transformator dalam keadaan baik, dikarenakan pembebanan yang terjadi masih <80% untuk bisa dikatakan Overload.

4.2 Hasil Perhitungan Presentase Ketidakseimbangan beban

Ketidakseimbangan Beban pada hari 28 bulan Maret sebesar 0.6%. Berdasarkan IEEE 446-1995 Power Quality batas nilai ketidakseimbangan beban yaitu 5 s/d 20%. Jadi bisa disimpulkan bahwa hasil dari ketidakseimbangan beban yang telah dihitung diatas masih dalam batas wajar.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan presentase pembebanan pada Transformator selama 5 hari di bulan Maret dan 5 hari di bulan April, dapat diambil beberapa kesimpulan:

Bulan Maret:

Rata-rata pembebanan transformator selama 5 hari berada di kisaran 14.25% hingga 24.15%. Tidak ada data pembebanan yang mencapai atau melebihi 80%, yang merupakan batas *overload* yang tidak diinginkan, serta pembebanan tertinggi terjadi pada tanggal 1 dengan presentase 24.15%.

Bulan April:

Rata-rata pembebanan transformator selama 5 hari berada di kisaran 12.96% hingga 14.41%. Tidak ada data pembebanan yang mencapai atau melebihi 80% yang merupakan batas *overload* yang tidak diinginkan, serta pembebanan tertinggi terjadi pada tanggal 28 dengan presentase 14.41%.

Dari kedua bulan tersebut, bisa ditarik kesimpulan bahwa transformator berada dalam kondisi yang baik dan memiliki kualitas yang memadai. Hal ini dapat dilihat dari fakta bahwa pembebanan pada transformator selalu berada di bawah 80%, yang merupakan batas aman dan tidak menyebabkan masalah *overload*.

Ketidakseimbangan beban

Berdasarkan hasil perhitungan ketidakseimbangan beban pada hari 28 bulan Maret sebesar 0.6%, serta mengacu pada standar *IEEE 446-1995 Power Quality* yang menetapkan batas nilai ketidakseimbangan beban antara 5% hingga 20%, dapat diambil kesimpulan berikut:

Hari 28 bulan Maret:

Ketidakseimbangan beban sebesar 0.6% terjadi pada hari ini, dimana angka ketidakseimbangan tersebut jauh di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh standar (5 s/d 20%).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ketidakseimbangan beban pada hari 28 bulan Maret berada dalam batas wajar dan tidak menjadi masalah yang signifikan. Dengan demikian, dari hasil perhitungan ketidakseimbangan beban yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa

transformator dan sistem tenaga listrik yang terkait berada dalam kondisi yang baik dan memadai dalam menjaga ketidakseimbangan beban tetap dalam batas wajar sesuai standar yang ditetapkan oleh *IEEE 446-1995 Power Quality*.

B. Saran

- 1) Identifikasi Sumber Ketidakseimbangan Beban: Meskipun ketidakseimbangan beban yang terdeteksi masih dalam batas wajar, akan lebih baik untuk mencari tahu penyebab ketidakseimbangan tersebut, agar dapat membantu meningkatkan efisiensi sistem dan mencegah ketidakseimbangan yang berlebihan di masa depan.
- 2) Perhatikan Faktor Pemicu Ketidakseimbangan Beban: Perangkat listrik yang tidak seimbang atau distribusi beban yang tidak tepat dapat menyebabkan ketidakseimbangan. Pastikan perangkat dihubungkan secara benar, dan periksa apakah distribusi beban di antara fase-fase sudah seimbang.
- 3) Evaluasi Kapasitas Transformator: Selain memantau pembebanan transformator, juga penting untuk memastikan bahwa transformator memiliki kapasitas yang cukup untuk menangani beban saat ini dan potensial di masa depan. Jika diperlukan, pertimbangkan untuk melakukan evaluasi kapasitas dan upgrade.
- 4) Rencanakan Perawatan Rutin: Agar transformator tetap berfungsi dengan baik, pastikan dilakukan perawatan rutin sesuai dengan pedoman pabrikan atau standar yang berlaku. Perawatan yang tepat akan membantu memperpanjang masa pakai transformator dan mengurangi risiko kegagalan yang tidak diinginkan.
- 5) Tetap Patuhi Standar: Pastikan sistem tenaga listrik dan transformator selalu berada dalam batas yang ditetapkan oleh standar seperti *IEEE 446-1995 Power Quality*. Kepatuhan terhadap standar akan membantu menjaga integritas dan kinerja sistem secara keseluruhan.
- 6) Penting untuk terus memantau pembebanan transformator secara berkala dan mengamati tren pembebanan dari waktu ke waktu untuk memastikan transformator tetap berfungsi optimal. Dengan pembebanan yang tetap stabil di bawah batas aman, transformator diharapkan dapat beroperasi dengan baik dan memiliki masa pakai yang lebih panjang.
- 7) Dengan mengikuti saran-saran di atas, dapat meningkatkan kinerja, efisiensi, dan masa pakai sistem tenaga listrik serta transformator, sehingga memastikan operasional yang stabil dan andal dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

1. S. Pembelajaran and M. Pembelajaran, “Bab I Transformator Daya”.
2. Dwita Auliana, “Analisis Pengaruh Beban Lebih Transformator Distribusi 3 Fasa (Studi Kasus Di PT. PLN (Persero) ULP Balapulang),” pp. 9–25, 2019, [Online]. Available: <http://eprints.peradaban.ac.id/755/>
3. N. Dan, L. Pada, T. Distribusi, D. I. Pt, and P. A. Sorong, “Issn:2527-4724, eissn:2597-4467,” pp. 1–10, 2018.
4. M. N. Aditya Prayoga, Benson Marnahta, Edison Marulitua, *Transformer Paper*. 2010.
5. S. Bahri, R. Gianto, and M. I. Arsyad, “Studi Pertambahan Beban Transformator Daya Pada Gardu Induk Parit Baru PT . PLN (Persero) Cabang Pontianak,” *Online*, vol. 2, p. 8, 2015, [Online]. Available: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/11265>
6. R. Hutagaol, U. Situmeang, and Zulfahri, “Studi Overload Shedding Pada Transformator Daya Gardu Induk Garuda Sakti,” *SainETIn*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: 10.31849/sainetin.v4i1.3976.
7. P. Utomo, “Studi Analisis Kualitas Transformator Daya Gardu Induk 150 Kv Siantan,” *Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2019.
8. Hidayat, Wahyu and ,Ir.Jatmiko, MT (2020) Analisa Pengaruh Pembebanan terhadap Efisiensi Transformator pada PLTA Wonogiri. Skripsi skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Available: <https://eprints.ums.ac.id/86088/>
9. Analisis pembebanan Transformator Distribusi di PT PLN (persero) Rayon Jeneponto, Available: <https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/5074>
10. J. Ohoiwutun, M. Dwiyanto, and T. Sogen, “Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi 100 kVA pada PT. PLN (PERSERO) Unit Aimas,” *Jurnal Electro Luceat (JELC)*, vol. 5, no. 2, 2019.

TENTANG PENULIS



Penulis bernama lengkap Bily Sirima, lahir dari pasangan suami istri, Marsion Sirima (Ayah) dan Joly Grace Tirajoh (Ibu). Di Manado 05 Desember 1999. Sebelum menempuh jenjang Pendidikan di Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Penulis telah menempuh pendidikan secara berturut-turut di SD Katolik 15 St. Laurentius (2005-2011), SMP Negeri 2 Manado (2011-2014), SMA Negeri 7 Manado (2014-2017).

Penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro pada tahun 2017, dengan mengambil konsentrasi jurusan Minat Tenaga Listrik pada tahun 2019.

Dalam menempuh pendidikan Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Terpadu (KKT) di Kecamatan Paal 2, Manado, pada bulan Juli-Agustus 2020, dan Kerja Praktek/Magang di PT. JEA pada bulan Oktober-Desember 2020.

Selama menempuh pendidikan penulis terlibat dalam kegiatan dan organisasi didalam dan diluar kampus terutama dalam kegiatan di Laboratorium Tenaga Listrik Unsrat, Himpunan Mahasiswa Elektro FT. UNSRAT, UPK BKK FT. Unsrat, Resimen Mahasiswa Batalyon 171 USR dan menjabat sebagai komandan kompi markas(DANKIMA). Dan Penulis selesai menempuh Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado Jurusan Teknik Elektro Pada Bulan Desember 2023 dengan Judul Analisis Transformator Di Gardu Induk Sawangan Terhadap Pengaruh Pembebanan.