

Studi Pengaruh Pembebanan Lebih Pada Trafo Distribusi Di GH. Merduati Banda Aceh

Kasmawan¹⁾, Syukri^{2*)}, dan Muliadi³⁾

^{1, 2, 3)}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Iskandarmuda
Jln. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: syukrie0383@gmail.com

ABSTRACT

The magnitude of the load at a location can vary from time to time. This change is caused by an increase in electricity usage by customers and can also occur due to the addition of new customers at that location. The consequence of increasing the load is that the load borne by a transformer is getting bigger. To look for the factors that cause overburdening of distribution transformers. What needs to be done is to analyze and calculate the maximum current of the transformer, the switching power consumption, the total transformer loading power, the discharging power (%), the calculation of the permitted distribution transformer loading tolerance. This research was conducted in the Laboratory of Electrical Engineering Department, Unida. Data collection was carried out at PT. PLN (Persero) Merduati Substation (GH) Kutaraja District, Banda Aceh. In the distribution transformer ULL 04 and ULL 07. The measuring instrument used in this study is the AVO meter. Based on the results of analysis and calculations on the ULL 04 distribution transformer, the total load power used is 55.7 kVA, this total load power has exceeded the installed power of 50 kVA, but the total load power consumption is still below the maximum allowed power limit, namely 57, 4 kVA. Whereas in the ULL 07 distribution transformer, the total load power used is 116.6 kVA, this total load power has exceeded the installed transformer load of 100 kVA, the total load power has also exceeded the maximum permitted limit of 114.3 kVA. So that it is necessary to add power to the ULL 04 and ULL 07 transformers.

Keywords: Overloading, Substations, Distribution Transformers.

ABSTRAK

Besarnya beban di suatu lokasi dapat berubah-ubah dari waktu ke waktu. Perubahan ini disebabkan oleh peningkatan pemakaian tenaga listrik oleh pelanggan dan dapat juga terjadi karena adanya penambahan pelanggan baru dilokasi tersebut. Akibat dari penambahan beban adalah beban yang ditanggung oleh sebuah transformator semakin besar. Untuk mencari fakto-faktor yang menyebabkan terjadinya pembebanan lebih pada trafo distribusi. Yang perlu dilakukan analisa dan perhitungan arus maksimal transformator, daya pemakaian perjurusan, total daya pembebanan transformator, daya pemakaian (%), perhitungan toleransi pembebanan trafo distribusi yang diizinkan. Penelitian ini dilakukan di Lab Jurusan Teknik Elektro, Unida. Pengambilan data dilakukan di PT. PLN (Persero) Gardu Hubung (GH) Merduati Kecamatan Kutaraja, Banda Aceh. Pada trafo distribusi ULL 04 dan ULL 07. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah AVO meter. Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan pada trafo distribusi ULL 04, daya beban total yang terpakai 55,7 kVA, daya beban total ini sudah melebihi daya terpasang sebesar 50 kVA, akan tetapi daya beban total pemakaian masih dibawah batas daya maksimal yang diizinkan, yaitu 57,4 kVA. Sedangkan pada trafo distribusi ULL 07, daya beban total terpakai 116,6 kVA, daya beban total ini sudah melebihi beban trafo terpasang 100 kVA, daya beban total juga sudah melebihi batas maksimal yang diizinkan sebesar, yaitu 114,3 kVA. Sehingga transformator ULL 04 dan ULL 07 perlu dilakukan penambahan daya.

Kata Kunci: Pembebanan lebih, Gardu Hubung, Trafo Distribusi.

I. PENDAHULUAN

Saluran distribusi merupakan sarana penyaluran terakhir tenaga listrik dari gardu induk ke beban atau pemakai listrik. Baik buruknya suatu system kelistrikan sangat tergantung terhadap kontinuitas pelayanan/ penyaluran daya, namun kenyataannya kondisi ini sangat

sulit di penuhi [1]. Besarnya beban disuatu lokasi dapat berubah-ubah dari waktu ke waktu. Perubahan ini disebabkan oleh peningkatan pemakaian tenaga listrik oleh pelanggan dan dapat juga terjadi karena adanya penambahan pelanggan baru dilokasi tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh beban yang di tanggung trafo distribusi ULL 04 dan ULL 07 semakin besar. Apabila penambahan beban ini melebihi

kapasitas daya transformator yang terpasang, maka tegangan pada pelanggan akan turun. Hal ini menyebabkan peningkatan arus pada jaringan. Dengan bertambah besarnya arus pada jaringan, maka rugi-rugi tembaga akan bertambah dan efisiensi akan menurun. Kemudian panas yang timbul karena arus yang besar pada transformator akan menyebabkan rusak isolasi pada transformator. Dengan kata lain, akan menyebabkan kerusakan pada transformator sehingga pelayanan terhadap pengguna tenaga listrik akan terganggu.

Adapun manfaat penelitian ini adalah dapat mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pembebanan lebih pada trafo ULL 04 dan ULL 07 tersebut. Serta bagaimana cara mengatasinya. Untuk mendapatkan suatu trafo distribusi yang ideal maka perlu diperhatikan keseimbangan beban, dengan demikian penyaluran daya ke konsumen konstan.

Saluran distribusi tenaga listrik merupakan salah satu komponen yang mendistribusikan energi listrik dari gardu induk ke pusat beban atau konsumen. Dalam pendistribusian tenaga listrik harus diusahakan sebaik mungkin, untuk itu gangguan yang terjadi pada sistem distribusi harus di selesaikan secara tepat dan cepat. sehingga tidak terjadi kerugian terhadap konsumen [1][2].

Pada penelitian ini masalah yang diangkat dibatasi hanya melakukan pengukuran pembebanan lebih pada trafo distribusi ULL 04, dan ULL 07. Dilakukan perhitungan arus maksimal trafo distribusi, pemakaian daya trafo perjurusan, total daya pembebanan trafo, pemakaian daya trafo dalam (%), perhitungan toleransi pembebanan trafo distribusi yang diizinkan.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mencari fakto-faktor yang menyebabkan terjadinya pembebanan lebih pada trafo ULL 04 dan ULL 07. Serta bagaimana cara mengurangi dan mengatasi permasalahan tersebut.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan agar persentase pembebanan pada trafo ULL 04 dan ULL 07 tidak terjadi *overload* yang mengakibatkan trafo terbakar dan rusak dan supaya konsumen pengguna listrik tidak dirugikan dengan adanya beban lebih pada kedua trafo tersebut.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan di PT PLN (Persero) Gardu Hubung Merduati Kecamatan Kutaraja. Pada trafo distribusi ULL 04 dengan kapasitas daya terpasang 50 kVA, dan ULL 07 dengan kapasitas daya terpasang 100 kVA. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur dan pengambilan data langsung ke lapangan seperti data pengukuran beban trafo, arus pada (fasa R, S, dan T), pengukuran tegangan (fasa R-S, S-T, dan R-T) serta (fasa R-N, S-N, dan T-N).

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu

1. Tang ampere untuk mengukur arus
2. AVO meter dapat digunakan untuk mengukur arus beban, tegangan fasa, tegangan fasa-fasa
3. Volt meter untuk mengukur tegangan
4. Fluke 43B (*Power Quality Analyzer*) dapat juga digunakan untuk mengukur daya, harmonisa THDi, THDv, tegangan, arus, $\cos \theta$.
5. Tang, obeng, testpen, dan lain-lain

6. Kamera digital

Data – data yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Data teknis trafo distribusi penyulang ULL 04 di Kampung Jawa

Nama	: Starlite
No Serie	: 11-90704
Daya nominal	: 50 kVA
Standar	: SPLN D3.002-1:2007
Tegangan primer	: 20 kV
Tegangan sekunder	: 400 kV
Arus primer	: 5,8 A
Arus sekunder	: 288,7 A
Hubungan	: Dyn5
Impedansi	: 4.0 %
2. Data teknis trafo distribusi penyulang ULL 07 di Kampung Pande Pelanggahan

Nama	: Sintra
Tipe	: T 100 N 50
Daya	: 100 kVA
Standar	: SPLN D3.002/1:2007
Tegangan Primer	: 20 kVA
Tegangan sekunder	: 400V
Arus TM	: 2,89 A
Arus TR	: 144,3 A
Hubungan	: Dyn 5
Impedansi	: 4.0 %

A. Sistem Jaringan Distribusi

Secara garis besar, suatu sistem tenaga listrik yang lengkap mengandung empat unsur adalah sebagai berikut [4]:

1. Pembangkit tenaga listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh pusat tenaga listrik ini biasanya merupakan tegangan menengah (TM).
2. Sistem transmisi, lengkap dengan gardu induk. Karena jaraknya yang biasanya jauh, maka diperlukan penggunaan tegangan tinggi (TT), atau tegangan ekstra tinggi (TET).
3. Saluran distribusi yang biasa terdiri atas saluran distribusi primer dan tegangan menengah (TM) dan saluran distribusi sekunder dengan tegangan rendah (TR).
4. Unsur pemakaian atau utilisasi, yang terdiri atas instalasi pemakaian tenaga listrik. Instalasi rumah tangga biasanya memakai tegangan rendah, sedangkan pemakaian besar seperti industri mempergunakan tegangan menengah atau pun tegangan tinggi.

B. Transformator

Transformator terdiri dari dua kumparan yang saling berinduksi (*mutual inductance*). Kumparan ini terdiri dari lilitan konduktor berisolasi sehingga kedua kumparan tersebut terisolasi secara elektrik antara yang satu dengan yang lain [5].

Transformator dibedakan menjadi dua jenis, yaitu tipe inti (*core type*), dan tipe cangkang (*shell type*). Tipe inti dibentuk dari lapisan besi berisolasi berbentuk persegi panjang dan kumparan transformatornya dibelitkan pada dua sisi persegi. Sedangkan tipe cangkang dibentuk dari lapisan

inti berisolasi dan kumparan transformatornya di belitkan di pusat inti [6].

1. Prinsip kerja transformator

Transformator memiliki dua kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder, dan kedua kumparan ini bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (*reluctance*) rendah. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer [7].

2. Jenis – jenis transformator

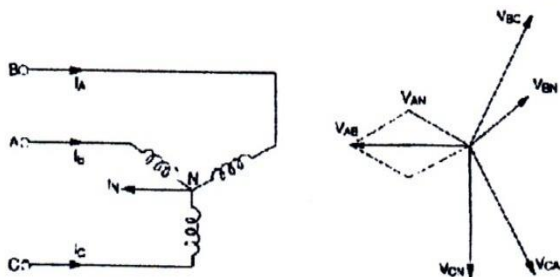
Pada trafo 1 belitan maka lilitan premer merupakan bagian dari lilitan sekunder atau sebaliknya, trafo belitan ini lebih dikenal sebagai auto trafo. Trafo 2 belitan mempunyai 2 belitan, yaitu sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah, dimana primer dan sekunder berdiri sendiri. Sedangkan pada trafo 3 belitan mempunyai belitan primer, sekunder dan tertier, masing-masing berdiri sendiri pada tegangan yang berbeda. Sedangkan menurut jumlah fasanya dibedakan menjadi trafo 1 fasa, dan 3 fasa [8],[9].

3. Hubungan lilitan transformator

Pada sisi primer sisi sekunder transformator tiga fasa dapat dihubungkan menurut tiga cara yaitu: hubungan bintang, hubungan delta, dan hubungan zig-zag [10].

a. Hubungan bintang

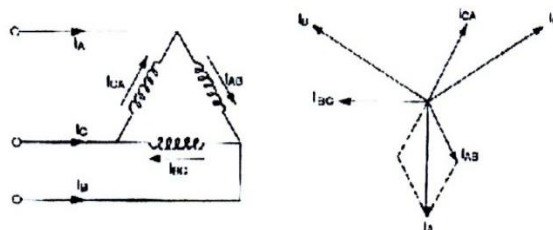
Arus transformator 3 fasa dengan kumparan yang dihubungkan secara bintang yaitu I_A , I_B , I_C masing-masing berbeda fasa 120° .



Gambar 1. Rangkaian hubungan bintang

b. Hubungan delta

Tegangan transformator 3 fasa dengan kumparan yang dihubungkan secara delta, yaitu V_{AB} , V_{BC} , V_{CA} masing-masing berbeda 120° , V_{AB} , V_{BC} , $V_{CA} = 0$

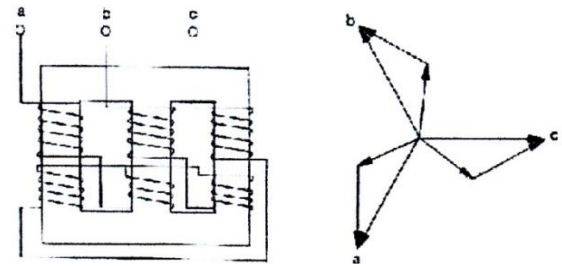


Gambar 2. Rangkaian hubungan delta

c. Hubungan zig zag

Pada hubungan zig-zag dimana masing-masing lilitan 3 fasa pada sisi tegangan rendah dibagi menjadi 2 bagian dan masing-masing dihubungkan pada kaki yang

berlainan. Hubungan zig-zag digunakan untuk keperluan khusus seperti pada transformator distribusi dan transformator *converter*.



Gambar 3. Rangkaian hubungan zig zag

4. Bagian – bagian transformator

Suatu transformator terdiri dari beberapa bagian dan mempunyai fungsi masing-masing. Bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut [9],[10],[11],[12]:

a. Inti besi

Inti besi dimanfaatkan untuk membangkitkan fluks yang timbul karena arus listrik dalam belitan atau kumparan trafo.

b. Kumparan primer dan kumparan sekunder

Bila salah satu kumparan tersebut diberikan tegangan maka pada kumparan akan membangkitkan fluks pada inti serta menginduksi kumparan lainnya sehingga pada kumparan sisi lain akan timbul tegangan.

c. Minyak trafo

Berfungsi sebagai isolasi dan pendingin untuk menghilangkan panas akibat rugi-rugi daya pada trafo.

d. Isolator *bushing*

Bushing dapat dibagi menjadi empat bagian utama yaitu isolasi, konduktor, klem koneksi, dan asesoris. Isolasi pada *bushing* terdiri dari dua jenis yaitu *oil impregnated paper* dan *resin impregnated paper*.

e. Tangki dan konserfator

Bagian-bagian trafo yang terendam minyak trafo berada dalam tangki, sedangkan untuk pemuain minyak tangki dilengkapi dengan konserfator yang berfungsi untuk menampung pemuain minyak akibat perubahan temperatur (Agus Sucipto, 2010).

f. Katub pembuangan dan pengisian

Katub pembuangan pada trafo berfungsi untuk menguras pada penggantian minyak trafo, hal ini terdapat pada trafo diatas 100 kVA, sedangkan katub pengisian berfungsi untuk menambahkan atau mengambil sample minyak pada trafo (Agus sucipto, 2010)

g. Oil level

Fungsi dari oil level tersebut adalah untuk mengetahui minyak pada tangki trafo, oil level ini pun hanya terdapat pada trafo diatas 100 kVA (Agus Sucipto, 2010).

h. Indikator suhu trafo

Berfungsi untuk mengetahui serta memantau keberadaan temperature pada oil trafo saat beroperasi, untuk trafo yang berkapasitas besar indikator limit tersebut dihubungkan dengan rele temperature (Suhardi, Tri Wrahatnolo, 2008).

i. Pernapasan trafo

Bila suhu minyak tinggi, maka akan memuai dan mendesak udara diatas permukaan minyak keluar dari tangki, namun bila suhu turun, minyak akan menyusut

sehingga udara luar akan masuk ke dalam tangki. Proses tersebut dinamakan dengan penerapasan trafo.

j. Pendingin trafo

Sistem pendinginan trafo dapat dikelompokkan sebagai berikut [11]

- ONAN (*Oil Natural Air Natural*) Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi minyak dan sirkulasi udara secara alamiah. Sirkulasi minyak yang terjadi disebabkan oleh perbedaan berat jenis antara minyak yang dingin dengan minyak yang panas.
- ONAF (*Oil Natural Air Force*) Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi minyak secara alami sedangkan sirkulasi udaranya secara buatan, yaitu dengan menggunakan hembusan kipas angin yang digerakkan oleh motor listrik.
- OFAF (*Oil Force Air Force*) Pada sistem ini, sirkulasi minyak digerakkan dengan menggunakan kekuatan pompa, sedangkan sirkulasi udara menggunakan kipas angin.

k. *Tapcanger* trafo (perubahan tap)

Tap changer adalah alat pemindah pembandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang sesuai dengan tegangan sekunder yang diinginkan dari tegangan primer yang berubah-ubah.

C. *Perhitungan Arus Beban Penuh dan Arus Hubung Singkat*

Daya transformator distribusi bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer), persamaan yang digunakan yaitu [12]:

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (1)$$

Dimana :

- S : Daya transformator (kVA)
- V : Tegangan sisi primer transformator (kV)
- I : Arus jala-jala (A)

Untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan Persamaan (2) yaitu:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (2)$$

Dimana :

- I : Arus beban penuh (A)
- S : Daya Transformator (KVA)
- V : Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

Untuk menghitung arus hubung singkat pada transformator dengan menggunakan persamaan (3) yaitu:

$$I_{sc} = \frac{S \cdot 100}{\%Z \cdot \sqrt{3} \cdot V} \quad (3)$$

Dimana:

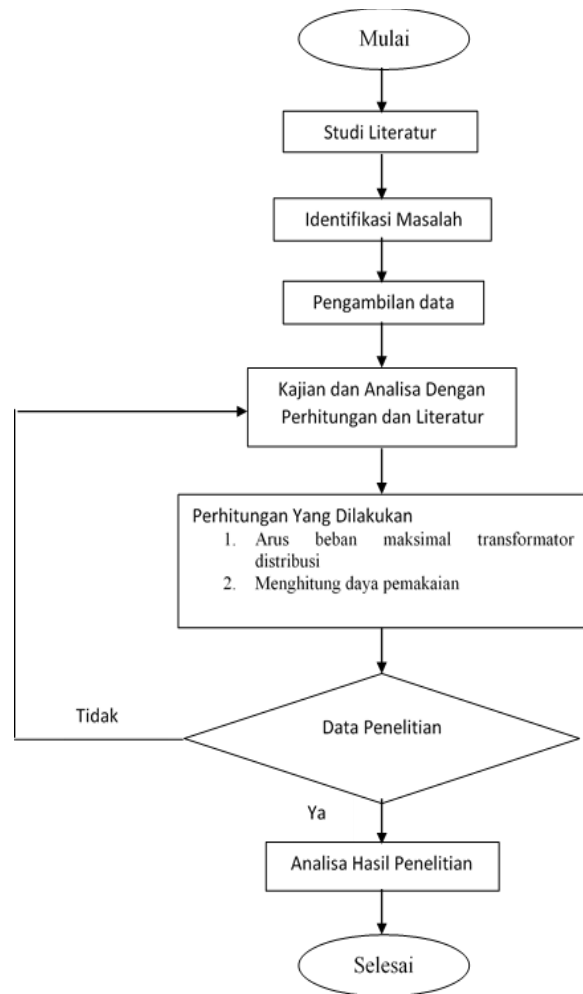
- I_{sc} : Arus hubung singkat (A)
- S : Daya trafo (kVA)
- % Z : Impedansi trafo dalam persen
- V : Tegangan fasa-fasa pada sisi tegangan rendah (kV)

Daya pemakaian pada trafo distribusi dapat kita menggunakan persamaan (4) yaitu:

$$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot V_{fasa-fasa} \quad (4)$$

Untuk menghitung daya beban trafo % menggunakan persamaan (5) yaitu:

$$Daya\ Beban\ Trafo\ \% = \frac{Daya\ Beban\ Total}{Daya\ Terpasang} \times 100\% \quad (5)$$



Gambar 4. Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Arus Beban Maksimal Trasformator

Transformator distribusi memiliki arus beban maksimal sesuai dengan kapasitas dayanya, pembebanan pada transformator diharapkan tidak melebihi arus maksimal sisi sekunder transformator tersebut.

1. Untuk trafo distribusi dengan kapasitas daya ULL 04, dapat dihitung arus maksimal. Hasil perhitungan arus maksimal trafo dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

TABEL 1. ARUS MAKSIMAL SEKUNDER TRAF0

No	Kapasitas Daya (kVA)	Arus Maksimum (Amp)
1	25	36,09
2	50	72,17
3	100	144,34
4	160	230,95
5	200	288,68
6	250	360,85
7	315	454,68
8	400	577,37
9	500	721,71

Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar kapasitas daya maksimum sebuah trafo maka semakin besar arus maksimumnya.

2. Pembebanan trafo distribusi ULL 04 dan ULL 07

Hasil pengukuran arus beban, tegangan fasa, tegangan perfasa pada trafo distribusi ULL 04 dan ULL 07, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. HASIL PENGUKURAN TRAFU ULL 04 DAN ULL 07

Kode Trafo	Jurusan	Arus Beban (Amp)			Tegangan Fasa ke Fasa (Volt)			Tegangan Fasa ke Netral (Volt)		
		R	S	T	R-S	R-T	S-T	R-N	S-N	T-N
ULL 04	Arah Keudah	27	58	23	380	384	382	219	218	222
	Arah Pelanggahan	17	11	19	380	384	382	219	218	222
	Arah Kp. Jawa	27	53	19	380	384	382	219	218	222
ULL 07	Arah Kp. Pande	140	159	164	378	375	381	218	216	218
	Arah Kp. Pande	35	33	3	378	375	381	218	216	218

Data-data pada Tabel 2 digunakan untuk menghitung, daya pemakaian perjurusan, daya beban total trafo, daya pemakaian trafo, dan pembebanan maksimal trafo distribusi ULL 04 dan ULL 07.

- Menghitung daya pemakaian perjurusan, beban total, pemakaian trafo (%), pada trafo distribusi ULL 04
Hasil analisa dan perhitungan pembebanan lebih trafo distribusi ULL 04 dan ULL 07, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 3.

TABEL 3. HASIL PERHITUNGAN PEMBEBANAN TRAFU

No	Kode Trafo	Daya Terpasang (kVA)	Beban Trafo (kVA)	Beban Maksimal Daya Trafo (kVA)
1	ULL 04	50	55,7	57,4
2	ULL 07	100	116,6	114,3

Dari tabel 3 menunjukkan bahwa hasil analisis perhitungan pembebanan lebih trafo distribusi ULL 04, yaitu daya beban total yang terpakai 55,7 kVA. Akan tetapi daya beban total pemakaian masih dibawah batas daya maksimal yang diizinkan, yaitu 57,4 kVA. Sedangkan pada trafo distribusi ULL 07, daya beban total terpakai 116,6 kVA, daya beban total ini sudah melebihi beban trafo terpasang yaitu 100 kVA dimana daya beban total juga sudah melebihi batas maksimal yang diizinkan yaitu sebesar 114,3 kVA.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa trafo distribusi ULL 04 daya pemakaian trafo distribusi sebesar 55,7 kVA dengan beban maksimal yang diizinkan sebesar 57,4 kVA. Untuk trafo ULL 07 daya pemakaian trafo distribusi sebesar 116,6 kVA dengan beban maksimal trafo distribusi yang diizinkan sebesar 114,3 kVA. Transformator ULL 07 telah melebihi kapasitas beban maksimal yang diizinkan sehingga perlu dilakukan penambahan daya pada trafo ULL 07 supaya konsumen pengguna listrik tidak dirugikan dengan adanya beban lebih pada trafo distribusi tersebut.

REFERENSI

- A. T. Koitoli, L. S. Patras, and G. M. C. Mangindaan, "Studi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Di Wilaya Tobelo Berdasarkan Ketersediaan Daya Pada Tahun 2019-2020," Univ. Sam Ratulangi Repos., pp. 1-8, 2021.
- A. B. Saputra, "Rekonfigurasi Sistem Distribusi Untuk Mengatasi Beban Lebih dan Meminimalkan Rugi - Rugi Pada Jaringan Distribusi Tengakawang Samarinda," Institut Teknologi Nasional Malang, 2016.

- Zuhal, 1991, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronik Daya, Penerbit PT Gramedia, Jakarta.
- J. M. Siburian, T. Siahaan & J. Sinaga, "Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20 kV Dengan Metode THERMOVISI Jaringan PT. PLN (PERSERO) ULP Medan Baru. JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA, Jurnal Teknik Elektro Volume 9, Nomor 1, Maret 2020 :8-19.
- Yaved Pasereng Tondok, Lily Setyowaty Patras, Fielman Lisi, "Perencanaan Transformator Distribusi 125 kVA. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Vol.8, No.2 Mei-Agustus 2019, ISSN : 2301-8402; 2685-368X.
- Mohd Yogi Yusuf, Firdaus**, Feranita, " Analisa Konfigurasi Hubungan Primer dan Sekunder Transformator 3 Fasa 380/24 V Terhadap Beban Non Linier. Jom FTEKNIK Volume 3 No. 1 Februari 2016.
- A. Prayoga and E. M. S, Teknik tenaga listrik, no. 0806365412. 2010.
- Bawan, Elias K., Estimasi Pembebanan Transformator Gardu Induk 150 kV, Jurnal Ilmiah Foristek Vol.3, No. 2, September 2013.
- Kurniawan, Danny Hendra, 2016, Analisis Pembebanan Transformator I 60 MVA 150/20 kV Gardu Induk Gejayan Yogyakarta, Kerja Praktek II..
- Adhitya Franager*, Budhi Anto**, Dian Yayan Sukma, " Perancangan Transformator Satu Fasa Dan Tiga Fasa Menggunakan Perangkat Lunak Komputer, Jom FTEKNIK Volume 3 No. 2 Oktober 2016. <https://media.neliti.com/media/publications/201445-perancangan-transformator-satu-fasa-dan.pdf>.
- Abd.Hafid1 , Debiana2 , Muh. Yusuf3, " Studi Transformator Pada Gardu Induk Panakkukang Perusahaan Listrik Negara Wilayah Iii, Vertex Elektro, Vol. 01, No. 02, Tahun 2019.
- Aris Munandar.A, " Teknik Tegangan Tinggi ." cetakan ke empat, Pradnya Paramita Jakarta 2013.