

## Kajian Metode Uprating Pada Transformator Beban Lebih Penyulang Tapis di PT.PLN UP3 KotaBumi

Juara Mangapul Tambunan<sup>1\*</sup>; Titi Ratnasari<sup>2</sup>; Kartiria Sonata<sup>3</sup>; Clara Avisha<sup>4</sup>

Program Studi S1 Teknik Sistem Energi, Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan,  
Institut Teknologi Perusahaan Listrik Negara

Corresponding<sup>\*</sup>): juara.mangapul@itpln.ac.id

### Abstract

*The electric power system continues to grow, one of which is the number of consumers and the electrical load that continues to increase every year. Therefore, a reliable electric power distribution system is needed. However, one of the problems that often occurs in distribution systems is transformer overload. Therefore, it is important to measure the transformer load during inspection or maintenance to find out that the load on the transformer has exceeded 80% of the transformer capacity. If the load has exceeded 80% of the transformer capacity, then the transformer is said to be overloaded, then one solution is the Uprating Transformer method. This uprating method is used to minimize overload by increasing the power of transformers that experienced overload problems, namely using a transformer of 100 kVA. From the results of calculations carried out the percentage of transformer loading at the K-591 substation before uprating the transformer was 84,24% exceeding 80% of the transformer capacity (overload). After uprating the transformer by 46,57%, so it decreased by 37,67%. With this decrease, the transformer performance becomes more efficient.*

**Keywords :** *distribution, efficient, transformer, upgrading, overload*

### Abstrak

*Sistem tenaga listrik terus berkembang, salah satunya adalah jumlah konsumen serta beban listrik yang terus meningkat setiap tahunnya. Maka, diperlukan sistem distribusi tenaga listrik yang handal. Namun, masalah yang sering terjadi pada sistem distribusi salah satunya adalah overload transformator. Oleh karena itu, pentingnya dilakukan pengukuran beban transformator saat dilakukan inspeksi ataupun pemeliharaan guna mengetahui beban pada transformator tersebut sudah melebihi 80% dari kapasitas transformator. Jika beban tersebut sudah melebihi 80% dari kapasitas transformator, maka transformator tersebut sudah dikatakan overload (beban lebih), maka salah satu solusinya adalah dengan metode uprating trafo. Dengan metode uprating ini digunakan untuk meminimalisir beban lebih dengan meningkatkan daya trafo yang mengalami masalah overload yaitu menggunakan trafo sebesar 100 kVA. Dari hasil perhitungan yang dilakukan persentase pembebanan trafo pada gardu K-591 sebelum dilakukan Uprating trafo sebesar 84,24% melebihi 80% dari kapasitas Transformator (overload). Setelah dilakukan Uprating trafo sebesar 46,57%, sehingga mengalami penurunan sebesar 37,67%. Dengan penurunan tersebut maka kinerja trafo menjadi lebih efisien.*

**Kata kunci :** *beban lebih, distribusi, efisien, peningkatan daya, transformator*

## PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan terus berkembang, Salah satunya adalah jumlah konsumen serta beban listrik yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Oleh karena itu, diperlukan sistem distribusi tenaga listrik yang handal. Namun, masalah distribusi daya sering terjadi. Salah satunya adalah beban pada trafo distribusi telah melebihi kapasitasnya, atau dapat dikatakan sebagai trafo yang kelebihan beban. Jika kapasitas beban melebihi 80%, maka trafo akan mengalami beban berlebih [1]–[7].

Kelebihan beban trafo juga dapat terjadi pada trafo distribusi PT. PLN (Persero) UP3 Kotabumi, trafo distribusi penyulang Tapis Ini jelas menunjukkan kebutuhan untuk mempengaruhi trafo distribusi. Seperti yang kita ketahui Metode peningkatan daya (*Uprating*) trafo digunakan untuk mengatasi situasi trafo kelebihan beban. Proses ini merupakan proses paling sederhana atau termudah tanpa membebani trafo secara berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi trafo pada penyulang serta cara mengatasi masalah kelebihan beban pada trafo distribusi dan mengetahui besar pembebanan transformator distribusi sebelum dan setelah *Uprating* pada penyulang Tapis [5]–[8]

## METODE PENELITIAN

### Perancangan Penelitian

Metode yang dipakai agar hasil penelitian dapat diperoleh dengan baik adalah metode observasi dengan mengumpulkan data-data di PT. PLN (Persero) UP3 Kotabumi selama masa kerja magang yaitu mengenai data-data gangguan *Overload* transformator pada tahun 2020, data tersebut akan digunakan untuk mengetahui persentase *Overload* transformator distribusi sebelum dan setelah dilakukan *uprating*. Agar hasil penelitian dapat diperoleh dengan baik maka dilakukan:

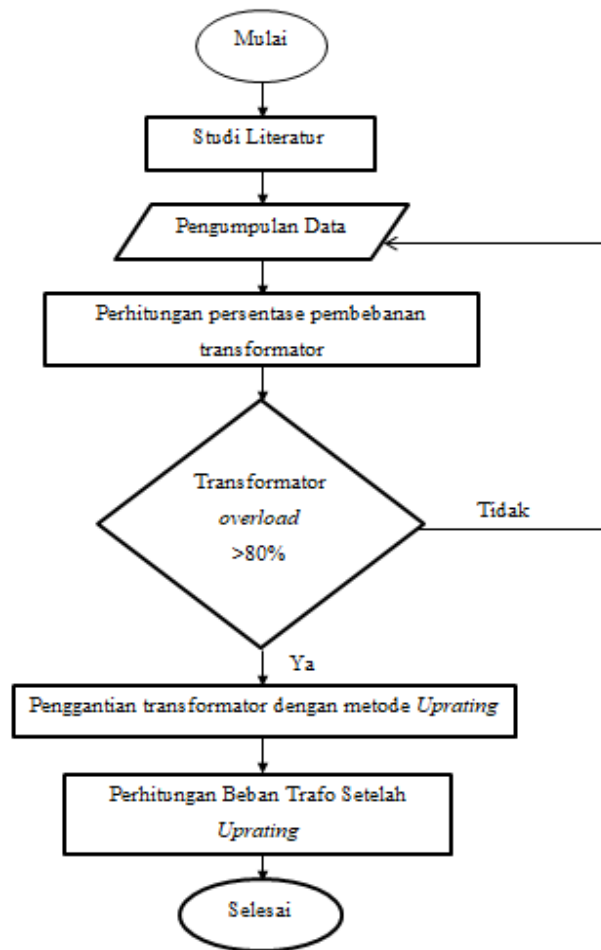
1. Mencari referensi yang dapat menjadi acuan pada penelitian penulis untuk melakukan penelitian ini dalam tinjauan pustaka di bab 2.
2. Perhitungan Daya Semu. Daya semu merupakan daya yang dipasok oleh PLN ke konsumen, dimana daya semu adalah hasil kali arus dan tegangan. Unit daya yang terlihat adalah VA (volt-ampere). Perhitungan beban transformator untuk setiap hari dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang jelas, seperti di bawah ini [9]:

$$S = I_{\text{fasa}} \times V_{\text{fasa}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:  $I_{\text{fasa}}$  = Arus beban Fasa

$V_{\text{fasa}}$  = Tegangan Fasa

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan adapun diagram alir ditunjukkan pada gambar dibawah ini



**Gambar 1.** Diagram Alur Metode Uprating [5]

3. Perhitungan Daya Total Untuk menghitung % beban pada trafo diperlukan nilai beban total pada trafo yang dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut :
- $$S_{total} = S_s + S_r + S_t \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- S total = Daya Total Tersalurkan
- Sr = Daya Fasa R
- Ss = Daya Fasa S
- St = Daya Fasa T

4. Perhitungan Persentase Pembebanan Untuk menghitung persentase beban pada transformator, gunakan rumus % beban sebagai berikut [10]:

$$\% \text{ Beban} = \frac{S_{Total}}{S_{Transformator}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

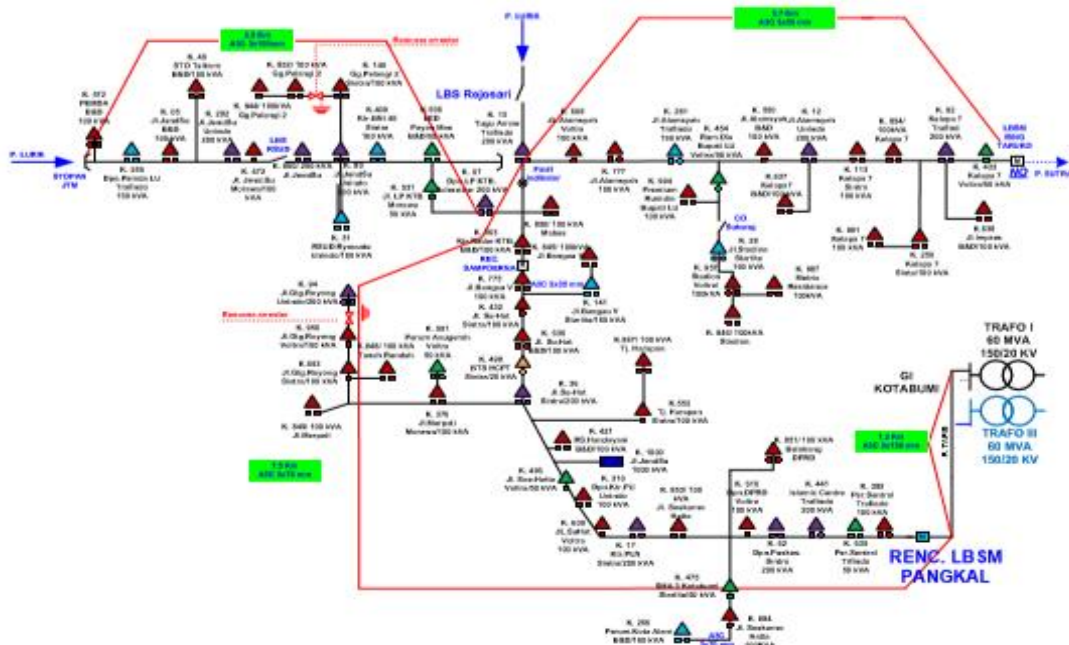
Dimana:

- S total = Daya Total tersalurkan
- S transformator = Daya Transformator

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Trafo Distribusi K-591 Pada Penyulang Tapis

Trafo distribusi K-591, yaitu trafo distribusi yang kelebihan beban akibat adanya *overload* pada penyulang tapis PT. PLN (Persero) UP3 Kotabumi memiliki persentase beban sebesar 84,24% dan daya 50 kVA yang melebihi persyaratan beban SPLN dan tidak boleh melebihi 80% beban transformator. Kelebihan beban akan menyebabkan trafo menjadi panas, kabel tidak akan mampu lagi memikul beban, dan panas yang ditimbulkan akan menyebabkan suhu lilitan naik, sehingga merusak isolasi lilitan kumparan trafo [5], [6].



Gambar 2. SLD PLN UP3 Kotabumi Penyulang Tapis

Pengoperasian trafo tidak optimal karena kelebihan beban menyebabkan penurunan kualitas pelayanan bagi pelanggan PLN, yang lebih merugikan adalah merusak trafo. Hal ini terjadi dengan trafo K-591 yang telah mengalami kelebihan beban dapat diatasi dengan melakukan *uprating* transformator untuk meminimalisir beban lebih [6], [8].

### Proses *Uprating* Transformator

*Uprating* trafo adalah bentuk tindakan pencegahan terjadinya gangguan pada sistem kelistrikan. Trafo yang akan diganti adalah trafo yang terdapat pada gardu K-591 dimana gardu tersebut merupakan gardu dari penyulang tapis, gardu K-591 ini sendiri terletak di Kotabumi. Transformator atau trafo yang diganti pada umumnya karena beberapa faktor, seperti umur trafo, *overload*, faktor cuaca dan faktor lain. Namun peningkatan daya trafo di gardu induk K591 dikaitkan dengan beban lebih, oleh karena itu trafo beban lebih harus diganti .

Berikut dibawah ini merupakan langkah kerja *uprating* trafo yang dilakukan pada penyulang Tapis :

1. Mempersiapkan alat, bahan dan perlengkapan K3 untuk bekerja Sebelum melakukan *uprating* transformator, perlu diperhatikan dengan seksama apa yang disebut dengan

keselamatan kerja agar tidak terjadi kecelakaan kerja dan keadaan yang tidak terduga selama konstruksi. Perangkat kerja yang digunakan yaitu:

- a. Peralatan Komunikasi
- b. Kendaraan Operasional
- c. Mobil *Crane*
- d. Tali Tambang
- e. *Tool Set*
- f. *Sackel Stick* 20 kV
- g. Tangga

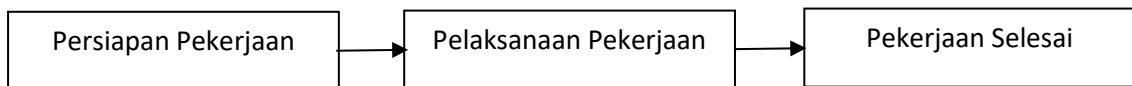
Setelah menyiapkan perangkat peralatan kerja, kemudian perangkat K3 harus dipastikan dalam keadaan baik dan tersedia agar tidak mengganggu jalannya pekerjaan. Adapun perangkat K3 yang perlu dipersiapkan yakni :

- a. *Safety Helmet*
- b. *Safety Belt*
- c. Sarung Tangan 20 Kv
- d. Sarung Tangan kain
- e. Sepatu *safety elektrik* 20 kV
- f. Sepatu *safety*
- g. P3K

Adapun Langkah kerja dalam melakukan *uprating* trafo adalah:

1. Persiapan pekerjaan:
  - a. Mengecek PK/SPK.
  - b. Membuat surat pemberitahuan pemadaman ke konsumen jika diperlukan.
  - c. Untuk pekerjaan listrik akan dipadamkan, pengawas pekerjaan koordinasi dengan piket operasi UP3 Kotabumi.
  - d. Pengawas memberi tahu ke piket operasi UP3 kotabumi pada saat pekerjaan siap dilakukan, pekerjaan selesai serta siap dioperasikan.
2. Pelaksanaan pekerjaan :
  - a. Menggunakan perlengkapan K3.
  - b. Memasang dan mengikat tangga pada posisi yang benar.
  - c. Memasang rambu-rambu tanda pekerjaan.
  - d. Menyiapkan material.
  - e. Mengukur dan mencatat beban pada sumber dari transformator serta pada masing-masing jurusan.
  - f. Lepaskan beban dari trafo dengan melepas fuse/sekring/MCCB ke segala arah.
  - g. Memakai *safety belt*, sarung tangan kemudian memasang serta mengikattangga pada tempatnya.
  1. Mencatat data pada name plate transformator pengganti serta yang akan diganti.
  2. Melepaskan mur pengikat kawat *bushing* TM, TR, kawat *arde body*. Jangan lupa untuk menandai urutan fasa pada kabel TM, TR.
  3. Memasang *slink* serta kaitkan pada *crane* atau takel, memastikan *slink* terpasang dengan baik dan mampu memikul beban berat transformator.
  4. Melepaskan mur atau baut pengikat transformator.
  5. Menurunkan transformator dengan hati-hati, lalu simpan ditempat yang aman.
  6. Menyiapkan transformator pengganti, pastikan trafo dalam kondisi baik, pasang *slink*, mengaitkan di *crane* atau takel.
  7. Menaikkan trafo dengan hati-hati.

8. Setelah trafo tiba diatas, memposisikan trafo pada tumpuan dengan benar, pastikan arah menghadap bushing TM-TR sesuai dengan arah transformator sebelumnya.
  9. Memasang mur atau baut pengikat transformator dengan baik dan benar.
  10. Memasang kabel masukan TM, TR pada masing-masing *bushing* atau isolator sesuai dengan urutan fasanya. Memastikan mur pengikat kabel terpasang dengan baik dan benar.
  11. Memasang kawat *arde body* transformator.
  12. Memeriksa kembali semua mur atau baut pengikat kabel trafo dan *body* trafo serta posisi tap trafo.
  13. Mengamankan semua peralatan kerja.
  14. Petugas memeriksa kembali semua pekerjaan yang telah dilakukan.
  15. Melepaskan dan merapikan peralatan kerja yang telah dilakukan.
  16. Melepaskan *grounding set* (sisi TM dan TR).
  17. Melepaskan tangga.
  18. Melepaskan serta merapikan peralatan kerja dan perlengkapan K3
3. Pekerjaan selesai :
- a. Melaporkan kepada piket operasi area UP3 Kotabumi bahwa pekerjaan telah selesai dan siap diberikan tegangan.
  - b. Mengecek Kembali urutan fasa memakai fasa *sequence* meter serta ukur tegangan dan arus beban dengan *AVO meter*.
  - c. Pengawas membuat laporan penyelesaian pekerjaan



**Gambar 3.** Blok Diagram Proses *Uprating* Transformator

### Data Pengukuran Trafo Sebelum *Uprating*

Dibawah ini adalah hasil pengukuran transformator distribusi yang mengalami kelebihan beban.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Beban Trafo K-591 Sebelum *Uprating*

Jurusan	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban (Amper)			Tegangan (Volt)					
		R	S	T	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R
Jurusan 1	50	65,1	62,8	61,9	223	222	221	387	385	386

Perhitungan pembebanan transformator pada setiap fasanya dihitung dengan rumus daya semu sehingga dapat kita hitung beban antar fasa sebagai berikut [9]:

1.  $S_R = I_R \times V_{R-N}$   
 $= 65,1 \text{ A} \times 223 \text{ V}$   
 $= 14,51 \text{ kVA}$
2.  $S_S = I_S \times V_{S-N}$   
 $= 62,8 \text{ A} \times 222 \text{ V}$   
 $= 13,94 \text{ kVA}$
3.  $S_T = I_T \times V_{T-N}$   
 $= 61,9 \text{ A} \times 22$

$$= 13,67 \text{ kVA}$$

Untuk menghitung persentase pembebanan pada transformator diperlukan nilai beban total pada transformator yang dapat dicari menggunakan rumus berikut [9]:

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= SR + SS + ST \\ &= 14,51 \text{ kVA} + 13,94 \text{ kVA} + 13,67 \text{ kVA} \\ &= 42,12 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Dalam menghitung persentase pembebanan suatu transformator dapat diketahui dengan menggunakan rumus Persentase Pembebanan sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ Beban} &= \frac{S_{\text{Total}}}{S_{\text{Transformator}}} \times 100\% \\ &= \frac{42,12}{50} \times 100\% \\ &= 84,24 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan persentase beban trafo didapatkan hasil bahwa trafo K-591 mengalami kelebihan beban, karena persentase beban total trafo adalah 84,24%, jika melebihi beban 80% maka trafo dianggap kelebihan beban [5], [6], [8]–[10].

### Data Pengukuran Trafo Sesudah *Uprating*

Di bawah ini adalah hasil pengukuran pada transformator distribusi sesudah *Uprating* transformator K-591 kelebihan beban.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Pada Trafo K-591 Sesudah *Uprating*

Jurusan	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban (Amper)			Tegangan (Volt)					
		R	S	T	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R
Jurusan 1	100	71,4	56,7	66,3	241	240	238	423	419	421

Perhitungan pembebanan transformator pada setiap fasanya dihitung dengan rumus daya semu sehingga dapat kita hitung beban antar fasa sebagai berikut :

1.  $SR = IR \times VR-N$   
 $= 71,4 \text{ A} \times 241 \text{ V}$   
 $= 17,2 \text{ kVA}$
2.  $SS = IS \times VS-N$   
 $= 56,7 \text{ A} \times 240 \text{ V}$   
 $= 13,6 \text{ kVA}$
3.  $ST = IT \times VT-N$   
 $= 66,3 \text{ A} \times 238 \text{ V}$   
 $= 15,77 \text{ kVA}$

Untuk menghitung persentase pembebanan pada transformator diperlukan nilai beban total pada transformator yang dapat dicari menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= SR + SS + ST \\ &= 17,2 \text{ kVA} + 13,6 \text{ kVA} + 15,7 \text{ kVA} \\ &= 46,57 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Dalam menghitung persentase pembebanan suatu transformator dapat diketahui dengan menggunakan rumus Persentase Pembebanan sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ Beban} &= \frac{S_{\text{Total}}}{S_{\text{Transformator}}} \times 100\% \\ &= \frac{46,57}{100} \times 100\% \\ &= 46,57\% \end{aligned}$$

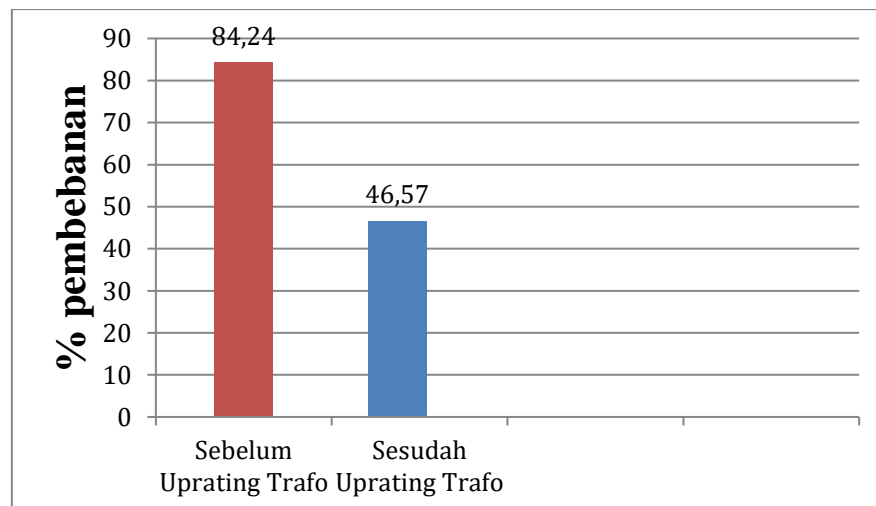
Berdasarkan perhitungan persentase beban trafo setelah *Uprating* trafo, hasilnya trafo K-591 kembali normal atau tidak kelebihan beban karena persentase beban total transformator tidak lagi melewati beban standar yang sudah ditetapkan, yaitu 46,57 %.

### Hasil Pembahasan Data

Berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan, nilai beban transformator ialah 80% dari kapasitas transformator. Kemudian transformator K-591 ditetapkan sebagai transformator beban lebih, karena persentase beban melebihi yang dinyatakan adalah 84,24 %. Agar menjaga kesinambungan penyaluran tenaga listrik serta pelayanan kepada pengguna, PLN melakukan tindakan perbaikan yang diperlukan untuk mengatasi kondisi kelebihan beban trafo.

Namun dalam penelitian ini, penulis menganalisis transformator hanya untuk mengatasi kondisi tersebut, dan objek penelitiannya adalah gardu K-591 yang kelebihan beban. Menurut penelitian penulis, *overload* pada transformator dapat diatasi dengan dua cara, yaitu *Uprating* dan Trafo sisip. Tetapi, untuk mengatasi *overload* pada Transformator K-591 ini dilakukan *Uprating*, Kegiatan ini dilaksanakan untuk mengurangi *overload* [6], [10], [11].

Berdasarkan hasil perhitungan penyulang tapis gardu K-591, sebelum terjadi *Uprating* transformator, persentase beban yang dihasilkan adalah 84,24%. Namun, setelah *Uprating* trafo, beban pada trafo berubah sebesar 46,57% [5]–[7], [12]. Di bawah ini adalah grafik perbandingan sebelum dan sesudah *uprating* trafo:



**Gambar 4.** Grafik Persentase Penurunan Akibat *Uprating*

Pada grafik di atas terlihat bahwa nilai persentase beban pada trafo K-591 mengalami penurunan akibat *Uprating*, sehingga nilai beban awal berubah dari 84,24% menjadi 46,57%. Menurut grafik, kita dapat mengatakan bahwa persentase beban telah turun sebesar 37,67%. [5]–[7], [12].



## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut yaitu,

- a. Pada kondisi transformator K-591 penyulang Tapis mengalami *Overload* atau persentase beban lebih sebesar 84,24% maka salah satu metode yang digunakan yaitu metode *Uprating*, dimana pada metode ini kapasitas daya Trafo dinaikan dari 50 kVA menjadi 100 kVA [5]–[9].
- b. Dengan melakukan peningkatan daya trafo dapat mengurangi atau mengatasi pembebanan sebesar 84,24% dari data beban sebelum *Uprating* dan setelah dilaksanakan *Uprating* sebesar 46,57% [5]–[9].
- c. Berdasarkan perhitungan pembebanan yang terdapat pada trafo K-591 dimana Fasa R 14,51 kVA, Fasa S 13,94 kVA, Fasa T 13,67 kVA dengan perhitungan beban total 42,12 kVA didapatkan hasil % pembebanan 84,24% dan setelah dilakukan *Uprating* % pembebanan pada trafo K-591 menjadi 46,57% dimana beban pada Fasa R 17,2 kVA, Fasa S 13,6 kVA, dan Fasa T 15,77 kVA dengan perhitungan beban total 46,57 kVA [5]–[9].

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Wilfrid Sahat P. Siregar dan seluruh staf bagian Engineering di PT. PLN (Persero) UP3 Kotabumi atas ilmu yang sudah diberikan dan telah mengizinkan untuk melakukan pengumpulan data-data penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Saputra, “Studi Penyaluran Daya Listrik Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Pada PT PLN (Persero) Gardu Induk Talang Ratu Palembang.” Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2014.
- [2] K. W. Widiatmika, I. W. A. Wijaya, and I. N. Setiawan, “Analisis Penambahan Transformator Sisipan Untuk Mengatasi Overload Padatransformator Db0244 Di Penyulang Sebelanga,” *J. Spektrum*, vol. 5, no. 2, pp. 19–25, 2018.
- [3] N. M. Seniari, M. N. Fadli, and I. M. Ginarsa, “Analisis Rencana Pemasangan Transformator Sisipan Pada Saluran Transformator Distribusi Penyulang Pagutan (Studi Kasus: Transformator Distribusi Am097 Di Jalan Banda Seraya, Pagesangan, Kota Mataram),” *DIELEKTRIKA*, vol. 7, no. 1, pp. 56–63, 2020.
- [4] M. Adam and A. Prabowo, “Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 Kv Mengurangi Beban Overload Dan Jutah Tegangan Pada Trafo Bl 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etab 12.6. 0,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 62–69, 2019.
- [5] S. Samsurizal and B. Hadinoto, “Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Di PT. PLN (Persero) Up3 Pondok Gede,” *Kilat*, vol. 9, no. 1, pp. 136–142, 2020.
- [6] N. R. D. K. Ningrum, N. L. B. Ginting, H. N. Muflih, M. D. C. Ramadhan, and C. F. Nugraha, “Analisis Perbandingan Uprating dan Sisip Transformator Tiga Fase untuk Mengantisipasi Terjadinya Overload pada Transformator Distribusi Penyulang GJN-12 Nomor Tiang U3-89/1 PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota,” *J. List. Instrumentasi, dan Elektron. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 53–60, 2023.

- [7] S. D. Luqmantoro, S. Sujito, and R. Mucharam, “Mutasi Transformator Distribusi Di Blimbing Kota Malang Penyulang Ampeldento N1314 Dari 160 kVA Ke 250 kVA Untuk Menghindari Kerusakan Akibat Beban Lebih,” *PoliGrid*, vol. 3, no. 2, pp. 57–62, 2022.
- [8] I. W. S. Yasa, I. W. Pacane, and W. Suriana, “Mengatasi Overload Pada Transformator Gardu Distribusi Dengan Metode Uprating,” *J. Kaji. Tek. Elektro UTA 1945 Jakarta*, vol. 8, no. 2, pp. 82–91, 2023.
- [9] A. Adriansyah, A. M. Mappalotteng, and E. S. Rahman, “Analisis Transformator Sisipan Pada Uprating Transformator Dalam Mengatasi Overload di PT. PLN ULP Mattoanging,” *Media Elektr.*, vol. 19, no. 3, pp. 169–174, 2022.
- [10] H. Mukti, M. H. Farizan, and M. R. F. Firmansyah, “Analisis Rencana Pemasangan Transformator Sisipan Untuk Mengatasi Overload dan Drop Voltage pada Penyulang Selogabus PT. PLN (Persero) ULP Bojonegoro Kota,” *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 9, no. 3, pp. 127–133, 2022.
- [11] I. M. A. Wiryawan, I. P. Sutawinaya, and I. W. R. Sutrawan, “Analisis Perbandingan Antara Penggunaan Transformator Sisipan Dan Uprating Transformator Dalam Menanggulangi Drop Tegangan Pada Gardu Distribusi KA 0819 Penyulang Mumbul,” *Log. J. Ranc. Bangun dan Teknol.*, vol. 15, no. 3, pp. 159–163, 2017.
- [12] S. Prambana, N. Aslam, S. Suryani, and H. Nirwana, “Analisis Uprating terhadap Transformator di PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang,” *MASALIQ*, vol. 3, no. 6, pp. 1187–1198, 2023.