

Analysis of the Capacity of Distribution Transformers at Sam Ratulangi University Substation 1 With the Addition of Load

Analisis Kemampuan Transformasi Distribusi Gardu 1 Universitas Sam Ratulangi Dengan Adanya Penambahan Beban

Julio Stevanus Roring, Lily S. Patras, Novi Margitje Tulung

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

e-mail: juliororing023@student.unsrat.ac.id, noviunsrat@gmail.com, lilyspatras@unsrat.ac.id

Received: [date]; revised: [date]; accepted: [date]

Abstract — This research aims to analyze the ability of distribution transformers at Substation 1 of Sam Ratulangi University to handle the increased electrical load from the new Faculty of Law building. As the university develops and facilities are added, the need for electrical energy continues to increase, necessitating an evaluation of the existing transformer capacity to ensure the reliability of the power supply. The research method used was to collect transformer specification data, measure current and voltage under existing load conditions, and calculate the estimated load increase from the new building. The data obtained was then analyzed to determine the percentage of transformer loading before and after the addition of load. The calculation results showed that the initial load on the transformer was 71.3% of its total capacity. After calculations were performed with the addition of load from the new Faculty of Law building, the total transformer loading increased to 82.8%. Based on this analysis, it can be concluded that the transformer at Substation 1 of Sam Ratulangi University is still capable of handling the additional load, but further monitoring is needed to anticipate future load increases. This research provides important recommendations for the university in planning energy management and the development of electrical infrastructure in the future.

Key words — Distribution Transformers, Electrical Load, Substations 1, Distribution Systems, Sam Ratulangi University.

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan transformator distribusi di Gardu 1 Universitas Sam Ratulangi dalam menanggung penambahan beban listrik dari gedung baru Fakultas Hukum. Seiring dengan perkembangan universitas dan penambahan fasilitas, kebutuhan akan energi listrik terus meningkat, sehingga diperlukan evaluasi terhadap kapasitas transformator yang ada untuk menjamin keandalan pasokan listrik. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data spesifikasi transformator, melakukan pengukuran arus dan tegangan pada kondisi beban eksisting, serta menghitung estimasi penambahan beban dari gedung baru. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui persentase pembebanan transformator sebelum dan sesudah adanya penambahan beban. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa beban awal pada transformator adalah sebesar 71,3% dari kapasitas totalnya. Setelah dilakukan perhitungan dengan adanya penambahan beban dari gedung baru Fakultas Hukum, total pembebanan transformator meningkat menjadi 82,8%. Berdasarkan analisis ini, dapat disimpulkan bahwa transformator di Gardu 1 Universitas Sam Ratulangi masih mampu menanggung

penambahan beban tersebut, namun perlu adanya pengawasan lebih lanjut untuk mengantisipasi peningkatan beban di masa depan. Penelitian ini memberikan rekomendasi penting bagi pihak universitas dalam merencanakan manajemen energi dan pengembangan infrastruktur kelistrikan di masa mendatang.

Kata kunci — Transformator Distribusi, Beban Listrik, Gardu Induk, Sistem Distribusi, Universitas Sam Ratulangi

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam mendukung aktivitas masyarakat. Hampir seluruh aspek kehidupan, termasuk pendidikan, bisnis, pemerintahan, dan rumah tangga, bergantung pada pasokan listrik yang konsisten dan andal. Dalam sistem penyediaan tenaga listrik, tahap akhir dikenal sebagai distribusi. Tahap ini sangat penting untuk menyalurkan energi dari pusat pembangkitan ke konsumen akhir dengan konsistensi dan kualitas tinggi. Transformator distribusi merupakan salah satu komponen vital dalam sistem distribusi tenaga listrik. Transformator ini berfungsi untuk menurunkan tegangan dari tingkat menengah ke tegangan rendah agar dapat dimanfaatkan oleh konsumen. Kinerja transformator sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya beban yang ditanggung. Apabila beban melampaui kapasitas, maka transformator berpotensi mengalami overheating, penurunan efisiensi, gangguan suplai, hingga kerusakan peralatan.

Universitas Sam Ratulangi sebagai institusi pendidikan yang terus berkembang juga mengalami peningkatan kebutuhan daya listrik. Salah satu pusat suplai listrik utama di lingkungan kampus adalah Gardu Distribusi 1 (Gardu 1). Pembangunan gedung baru Fakultas Hukum berlantai 1 hingga 6 semakin menambah kebutuhan daya listrik di lingkungan kampus. Kondisi ini menimbulkan permasalahan terkait kemampuan transformator Gardu 1 dalam menghadapi pertambahan beban. Oleh karena itu, diperlukan analisis kemampuan transformator distribusi untuk mengetahui apakah kapasitas yang ada masih memadai atau perlu dilakukan peningkatan, penggantian, maupun redistribusi beban. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan transformator distribusi pada Gardu 1 Universitas Sam Ratulangi dengan adanya pertambahan beban dari gedung baru Fakultas Hukum, serta memberikan rekomendasi teknis yang dapat mendukung keandalan sistem distribusi tenaga listrik di lingkungan kampus.

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian penting dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi dari gardu induk ke konsumen dengan mutu sesuai standar pelayanan. Dalam sistem ini terdapat peralatan utama seperti konduktor, isolator, dan peralatan proteksi yang memastikan penyaluran listrik berjalan aman dan andal.

Salah satu komponen vital dalam distribusi adalah transformator. Transformator berfungsi untuk mengubah tingkat tegangan, baik menaikkan maupun menurunkan, sesuai kebutuhan. Pada distribusi tenaga listrik, transformator distribusi digunakan untuk menurunkan tegangan menengah (20 kV) menjadi tegangan rendah (380/220 V) yang siap digunakan konsumen.

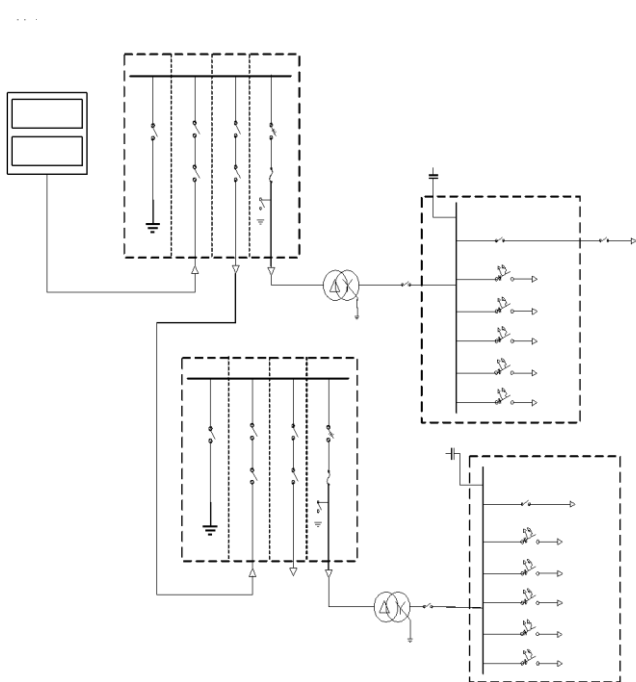
Kinerja transformator dipengaruhi oleh komponen utamanya, seperti inti besi, kumparan, minyak trafo, bushing, tangki konservator, serta *tap changer*. Selain itu, transformator memiliki berbagai jenis, seperti trafo daya, trafo distribusi, dan trafo instrumentasi. Dalam operasional, transformator harus berfungsi sesuai kapasitas pembebanannya. Pembebanan yang melebihi 80% dari kapasitas dapat menurunkan efisiensi, meningkatkan suhu kerja, serta memperpendek umur transformator. Oleh karena itu, pengukuran arus, tegangan, dan sistem pentanahan (*grounding*) dilakukan secara berkala untuk menjaga keandalan dan mencegah kerusakan.

II. METODE

A. Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini diambil dari Gardu 1 Universitas Sam Ratulangi Manado sesuai dengan lokasi penelitian, dimana data-data ini terdiri dari data

B. Single line Diagram Gardu 1 Universitas Sam Ratulangi



TABEL I
DATA TRAFO

Spesifikasi	Keterangan
Fasa	3 Phase
Koneksi	Dyn5
Standar	IEC-76 / SPLN 50-97
Tipe Operasi	Indoor/Outdoor
Pendingin	ONAN (Oil Natural Air Natural)
Tegangan Tinggi (HV)	20.000 V
Tegangan Rendah (LV)	400 V
Impedansi (@75°C)	4,66 %
B.I.L (HV)	125 Kv
Berat Total	2915 kg
Frekuensi	50 Hz
Daya Terpasang (Rated Power)	1000 kVA
Daya Terpasang (Rated Power)	28,886 A
Arus HV	1443,37 A
Arus LV	40 °C
Suhu Lingkungan (Ambient)	50/55 °C
Kenaikan Suhu (Temp. Rise)	750 Liter
Volume Minyak	Tap 1: 22000 V
	Tap 2: 21000 V
	Tap 3: 20000 V (default)
	Tap 4: 19000 V
	Tap 5: 18000 V
Tap Changer	09-2012
Tanggal Pembuatan	1205792
Daya Terpasang (Rated Power)	PT. B&D (Bambang Djaja) – Surabaya
Arus HV	1000

TABEL II
DATA ARUS

Induk	Pengukuran
FASA (R)	1100 A
FASA (S)	900 A
FASA (T)	1100 A

TABEL III
DATA PENGUKURAN TEGANGAN

Induk	Pengukuran
FASA (RS)	399 V
FASA (ST)	398 V
FASA (TR)	400 V

TABEL IV
 DATA BEBAN GEDUNG BARU

Komponen	Estimasi Daya
Ruang kelas (12 ruang)	
AC (4 unit x 800 W)	$4 \times 800 \text{ W} \times 12 \text{ ruang} = 38,4 \text{ kW}$
Lampu (20 unit x 20 W)	$20 \times 20 \text{ W} \times 12 \text{ ruang} = 4,8 \text{ kW}$
Peralatan (AV, komputer, dsb)	$2000 \text{ W} \times 12 \text{ ruang} = 24 \text{ kW}$
Ruang dosen	14,0 kW
Lorong dan toilet	8,0 kW
Lift	4,0 kW
Konsumsi umum lainnya	4,0 kW

C. Perhitungan

Dalam perhitungan untuk menentukan kapasitas transformator maka dibutuhkan perhitungan arus, perhitungan daya terpakai dan perhitungan daya total terpasang agar supaya dapat mengetahui hasil data yang ada untuk tujuan penelitian ini.

1. Perhitungan Arus

Berdasarkan data arus yang di dapatkan dari pengukuran langsung pada tabel 3 di atas maka perhitungan untuk arus rata – rata adalah sebagai berikut.

Diketahui :

IR=1100

IS = 900

IT = 1100

$$I_r = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_r = \frac{1100 + 900 + 1100}{3}$$

$$I_r = \frac{3100}{3} = 1033A$$

Maka perhitungan arus rata rata adalah 1033Ampere

2. Perhitungan Tegangan

Berdasarkan data tegangan yang di dapatkan dari perhitungan fasa (r), fasa(t) dan fasa (t) yang dilakukan maka di dapatkan hasil sebagai berikut.

$$V_{rata} = \frac{V_{RS} + V_{ST} + V_{RT}}{3}$$

$$V_r = \frac{399 + 398 + 400}{3}$$

$$V_r = \frac{1197}{3} = 399V$$

Maka perhitunggan tegangan adalah 399V

3. Perhitungan Daya Terpakai

Berdasarkan data pengukuran transformator maka dapat dihitung penggunaan daya total pada transformator dengan menggunakan rumus berikut :

Diketahui :

V = 399 V

I = 1033 A

$$S_{total} = \frac{V_{RS} \times I_R}{\sqrt{3}}$$

$$S_{total} = \frac{399 \times 1033}{1,732}$$

$$S_{total} = 237,5 \text{ kVA} \times \sqrt{3} = 713,9 \text{ kVA}$$

Maka daya total 3 fasa yang didapatkan adalah 713,9 kVA

4. Perhitungan Daya total terpasang

Dalam perhitungan daya, khususnya untuk menghitung daya total yang terpasang pada suatu transformator maka kita menggunakan rumus dibawah ini untuk melakukan perhitungan.

$$\% \text{pembebanan} = \frac{S_{total}}{kVA_{Base}} \times 100\%$$

$$\% \text{pembebanan} = \frac{713,9 \text{ kVA}}{1000 \text{ kVA}} \times 100\% = 71,3\%$$

Pembebanan pada transformator gedung baru memiliki pembebanan sebesar 71,3%.

5. Perhitungan penambahan daya gedung baru

Data beban gedung baru memiliki pemakaian daya sebesar 97,2 kW maka total penambahan daya dapat dihitung sebagai berikut :

$$kW = kVA \times \cos \phi$$

$$kW = 713,9 \times 0,85 = 606,815 \text{ kW}$$

Jadi nilai daya yang dipakai adalah sebesar 606,815 kW, kemudian dapat kita hitung total daya setelah adanya gedung baru dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S_{total} + \text{beban tambahan}$$

$$606,815 + 97,2 = 704 \text{ kW}$$

Maka dengan penambahan daya pada gedung baru, nilai yang didapat adalah 704 kW

6. Presentase pembebanan setelah penambahan daya gedung baru

Mengubah nilai 704K watt menjadi kVA menggunakan persamaan berikut :

$$kVA = \frac{kW}{\cos \phi}$$

$$kVA = \frac{704}{0,85} = 828,24 \text{ kVA}$$

Maka presentase pembebanan setelah ditambahkan daya dari gedung baru adalah

$$\% \text{pembebanan} = \frac{828,24}{1000} \times 100\% = 82,8\%$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Perhitungan Arus

Dengan melakukan perhitungan arus pada 3.2.1 maka di dapatkan perhitungan arus rata-rata dengan hasil yang di dapatkan yaitu 1033A yang ada pada trafo unit 1 unsrat, perhitungan yang dilakukan dengan mengunaka rumus yang ada di bawah ini.

$$I_r = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

TABEL V
HASIL PERHITUNGAN ARUS

Keterangan	Nilai
R	1100 A
S	900 A
T	1100 A
Arus Rata-rata	1033 A

Jadi nilai perhitungan arus rata-rata adalah sebesar 1033A

Hasil pengukuran menunjukkan adanya ketidakseimbangan beban antar fasa pada transformator Gardu 1 Universitas Sam Ratulangi. Arus pada fasa R dan T sebesar 1100 A, sedangkan pada fasa S hanya 900 A. Selisih sekitar 200 A ini menandakan distribusi beban yang tidak merata. Berdasarkan ketentuan SPLN 50-1997, perbedaan arus antar fasa sebaiknya tidak melebihi 10% dari arus rata-rata, karena ketidakseimbangan yang terlalu besar dapat menimbulkan arus netral tinggi serta menyebabkan pemanasan berlebih pada salah satu fasa. Kondisi ini tentu dapat memengaruhi kinerja transformator secara keseluruhan.

b. Hasil Perhitungan Tegangan

Dengan melakukan perhitungan arus pada 3.2.2 maka di dapatkan perhitungan tegangan dengan mengukur fasa (R), fasa (S), dan fasa (T) hasil yang di dapatkan yaitu 399 V, perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan rumus yang ada di bawah ini.

$$V_{rata} = \frac{V_{RS} + V_{ST} + V_{RT}}{3}$$

TABEL VI
HASIL PERHITUNGAN TEGANGAN

Keterangan	Nilai
FASA (RS)	398 V
FASA (ST)	400 V
FASA (TR)	399 V
Arus Rata-rata	399 A

Jadi nilai perhitungan tegangan rata-rata 399 A

Hasil pengukuran tegangan pada ketiga fasa menunjukkan nilai yang relatif stabil, dengan rata-rata sebesar 399 A. Nilai ini sangat mendekati tegangan nominal 400 V, sehingga dapat dikatakan bahwa sistem distribusi listrik pada Gardu 1 Universitas Sam Ratulangi masih dalam kondisi baik meskipun beban arus yang disalurkan cukup tinggi. Stabilitas tegangan ini penting untuk dijaga karena fluktuasi tegangan dapat memengaruhi kinerja peralatan listrik, terutama peralatan

yang sensitif seperti komputer, server, maupun peralatan laboratorium. Hal ini sejalan dengan pendapat yang menjelaskan bahwa kestabilan tegangan berpengaruh langsung terhadap keandalan operasional peralatan listrik di sisi konsumen Hamid dan Abubakar (2016).

c. Hasil Perhitungan Daya Total Terpasang

Dalam perhitungan daya, khususnya untuk menghitung daya total yang terpasang pada suatu transformator maka kita perlu menghitung data yang ada dengan hasil perhitungan pada 3.2.3 maka di dapatkan hasil perhitungan yaitu 71,3% dari daya total yang terpasang, dalam mendapatkan hasil diperlukan rumus perhitungan yang ada dibawah ini.

$$\%pembebanan = \frac{S_{total}}{kVA_{Base}} \times 100\%$$

Jadi nilai Daya total terpasang adalah sebesar 71%

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai pembebanan transformator sebesar 71,3% masih berada dalam kategori aman. Namun demikian, jika dibandingkan dengan rekomendasi standar IEEE Std C57.91-2011, kondisi ini sebenarnya sudah melewati zona optimal. Standar tersebut menyebutkan bahwa pembebanan jangka panjang yang ideal berada pada kisaran 60–70% kapasitas nominal agar transformator dapat beroperasi secara efisien dan memiliki umur pakai yang lebih panjang. Dengan demikian, meskipun transformator belum mencapai kondisi overload, nilai 71,3% menandakan bahwa kinerjanya sudah melampaui batas optimal yang dianjurkan untuk operasi berkesinambungan. Selain itu, risiko termal juga menjadi salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan. Berdasarkan panduan dari IEC 60076-7 (2005), operasi transformator dengan beban di atas 70% secara terus-menerus dapat mengakibatkan kenaikan suhu pada lilitan (winding). Peningkatan suhu ini, jika berlangsung dalam jangka panjang, akan mempercepat proses degradasi pada isolasi baik minyak maupun kertas isolasi padat. Kondisi ini tentu berdampak pada berkurangnya keandalan dan umur pakai transformator, sebab kenaikan suhu merupakan faktor utama yang menentukan tingkat penuaan komponen isolasi.

d. Hasil Perhitungan penambahan daya gedung baru

Dengan adanya penambahan daya pada gedung fakultas hukum yang baru maka diperlukan perhitungan agar supaya dapat mengetahui seberapa besar daya yang akan terpakai maka dilakukan perhitungan yang ada pada 3.2.4 maka di dapatkan hasil dari perhitungan yaitu 70,4 KW dalam mendapatkan hasil yang ada maka diperlukan rumus perhitungan yang ada dibawah ini.

$$kW = kVA \times \cos \phi$$

Jadi nilai penambahan daya pada gedung baru sebesar 70,4 KW

Penambahan beban dari Gedung Fakultas Hukum yang mencapai 97,2 kW atau setara dengan 114,3 kVA memberikan dampak signifikan terhadap kinerja transformator di Gardu 1 Universitas Sam Ratulangi. Dengan adanya tambahan daya tersebut, arus yang sebelumnya rata-rata sebesar 1033 A meningkat menjadi 1198 A. Kenaikan arus ini menyebabkan tingkat pembebanan transformator naik dari 71,3% menjadi

82,8% dari kapasitas nominalnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa transformator kini tidak lagi berada pada zona operasi ideal, melainkan telah memasuki kategori overload ringan. Meskipun secara teknis transformator masih mampu menyalurkan daya pada kondisi tersebut, beban yang melampaui 80% dari kapasitas nominal tidak direkomendasikan untuk operasi jangka panjang berdasarkan standar SPLN 50-1997 maupun IEC 60076-7. Operasi pada level ini berisiko menimbulkan kenaikan suhu yang lebih tinggi pada lilitan dan mempercepat degradasi isolasi.

e. Hasil Presentase pembebanan setelah penambahan daya gedung baru

Dengan Presentase pembebanan setelah penambahan daya pada gedung baru fakultas hukum maka di dapatkan hasil melalui perhitungan yang ada pada 3.2.5 sebesar 828.24 kVA dan jika di tambahkan dari kapasitas trafo yang ada setelah terjadinya penambahan daya dari gedung baru fakultas hukum maka di dapatkan hasil sebesar 82.8% dalam mendapatkan hasil yang ada maka diperlukan rumus perhitungan yang ada dibawah ini.

$$kVA = \frac{kW}{\cos \phi}$$

TABEL VII
 HASIL PRESENTASE PENAMBAHAN DAYA

Hasil Presentase Penambahan Daya	
Sebelum	Sesudah
71,3%	82,8%

Nilai presentase setelah penambahan gedung baru sebesar 82.8%

Pembebanan transformator Gardu 1 Universitas Sam Ratulangi yang mencapai 82,8% menunjukkan bahwa peralatan ini kini beroperasi di luar batas aman yang direkomendasikan baik oleh standar nasional maupun internasional. Menurut SPLN 50-1997, pembebanan transformator sebaiknya tidak melebihi 80% dari kapasitas nominalnya untuk menjaga umur pakai dan keandalan sistem, sementara IEC 60076-7 serta IEEE Std C57.91-2011 juga menegaskan bahwa beban di atas 80% hanya diperbolehkan dalam kondisi darurat atau jangka waktu yang singkat. Trafo UNSRAT bekerja di atas ambang batas tersebut menandakan adanya potensi risiko operasional yang tidak dapat diabaikan, terutama terkait dengan overheating, degradasi isolasi, serta peningkatan frekuensi gangguan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa diperlukan langkah mitigasi yang segera agar transformator tetap dapat berfungsi secara andal dalam menyuplai kebutuhan energi listrik di lingkungan kampus

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kemampuan transformator sebelum penambahan beban, Transformator Gardu 1 Universitas Sam Ratulangi pada kondisi awal bekerja dengan tingkat pembebanan 71,3% dari kapasitas maksimumnya. Meskipun nilai ini masih tergolong aman, namun sudah melewati kisaran beban optimal yang direkomendasikan IEEE Std yaitu 60–70% untuk operasi jangka panjang. Oleh sebab itu, transformator masih dapat berfungsi dengan baik, tetapi posisinya sudah mendekati batas kapasitas yang perlu diwaspadai.

2. Transformator setelah penambahan beban Fakultas Hukum, Masuknya beban tambahan sebesar 97,2 kW dari gedung Fakultas Hukum meningkatkan arus rata-rata dari 1033 A menjadi 1198 A, sehingga tingkat pembebanan naik hingga 82,8%. Kondisi ini menempatkan transformator pada kategori overload. Berdasarkan standar SPLN, IEC dan IEEE Std beban di atas 80% tidak disarankan untuk penggunaan berkelanjutan karena berpotensi menimbulkan kenaikan suhu lilitan, mempercepat degradasi isolasi, serta mengurangi umur teknis transformator. Dengan demikian, tambahan beban dari gedung baru terbukti memberikan dampak signifikan terhadap kondisi kerja transformator, sehingga diperlukan langkah teknis untuk menjaga keandalan dan memperpanjang usia pakai trafo.

Dengan demikian, penambahan beban dari gedung baru telah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kondisi pembebanan trafo yang ada saat ini, dan perlu adanya tindakan teknis untuk menjaga performa dan umur layanan dari trafo tersebut.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan di atas, berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan untuk menjaga performa sistem dan mencegah kerusakan pada trafo:

1. Penambahan transformator baru sangat disarankan sebagai solusi permanen untuk mengantisipasi pertumbuhan beban kampus yang terus meningkat. Dengan adanya trafo tambahan, beban dapat dibagi lebih merata sehingga tidak terjadi overload pada Gardu 1.
2. Redistribusi beban ke gardu lain perlu dilakukan sebagai solusi jangka pendek, terutama jika ada gardu dengan kapasitas cadangan yang masih mencukupi. Langkah ini dapat segera menurunkan tingkat pembebanan trafo.
3. Monitoring beban secara berkala harus dilaksanakan, baik melalui pengukuran manual maupun dengan sistem monitoring berbasis IoT, agar kondisi arus, tegangan, suhu winding, dan kualitas minyak isolasi dapat dipantau secara real-time.
4. Peningkatan faktor daya melalui pemasangan kapasitor bank atau perangkat kompensasi reaktif sangat penting untuk menekan arus beban, sehingga trafo tidak cepat panas dan umur teknisnya dapat diperpanjang.
5. Penerapan manajemen energi di lingkungan kampus perlu digalakkan, seperti penggunaan lampu hemat energi, pengaturan penggunaan AC, dan pengendalian beban puncak, guna menekan pertumbuhan beban yang tidak terkendali.

6. Perencanaan kelistrikan kampus ke depan sebaiknya mempertimbangkan proyeksi pertumbuhan beban dari pembangunan gedung baru, agar kapasitas sistem distribusi selalu selaras dengan kebutuhan energi yang terus meningkat.

KUTIPAN

- [1] Nasution, E. S., Pasaribu, F. I., Yusniati, Y., & Arfianda, M. (2019). Rele diferensial sebagai proteksi pada transformator daya pada gardu induk. *Ready Star*, vol 2, no 1, pp 179-186, 2019
- [2] Sibirian, J. Karakteristik transformator. *Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro*, vol 8, no 1, pp21-28, 2019.
- [3] Nugraha, A. T., Mudjiono, U., Subiyanto, L., Widodo, H. A., Hidayat, E. P., Setiyoko, A. S., ... & Sobhita, R. A. Trainer Kit Koordinasi Proteksi Pada Sistem Distribusi Pt. X Menggunakan Teori Graph. In *Seminar MASTER PPNS* vol. 8, No. 1, pp. 1-8, 2023.
- [4] Manopo, K. G., Tumaliang, H., & Similang, S. Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIFI dan SAIDI Pada PT. PLN (Persero) Area Minahasa Utara, 2022.
- [5] Syahputra, R. Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik. LP3M UMY, Yogyakarta, vol 1, pp 249-256, 2016.
- [6] Suswanto, D. (2009). Sistem distribusi tenaga listrik. Padang: Universitas Negeri Padang, 2009.
- [7] Djufri, I. A. *Transformator*. Deepublish, 2022.
- [8] Syukri, S., Asyadi, T. M., Muliadi, M., & Moesnadi, F. Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol 4, no 2, pp 202-206, 2022.
- [9] Hamid, M. K., & Abubakar, S. (2016). Sistem Pentanahan Pada Transformator Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) Area Lhokseumawe Rayon Lhoksukon. *Journal of Electrical Technology*, no 1, vol 2, pp 13-16.



Julio Stevanus Roring, penulis adalah anak ke dua dari dua bersaudara, lahir di kota Manado Provinsi Sulawesi Utara, pada tanggal 16 Juni 2003. Penulis menempuh pendidikan pertama di sekolah dasar Negeri 41 mando pada tahun 2009 sampai 2015, kemudian melanjutkan pendidikan kedua di Sekolah Menengah Pertama swasta katolik St. Dominico Savio pada tahun 2015 sampai 2018 Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di sekolah menengah atas SMK negeri 2 manado dari tahun 2018 sampai 2021. Di tahun yang sama penulis memulai pendidikan di Universitas Sam Ratulangi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro dengan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2023. Dalam menempuh pendidikan, penulis telah mengikuti program magang, yang pertama program Magang di PT Angkasa pura 1 (persero) , yang berlokasi di Jl. A. A Maramis, Kelurahan Lapangan, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara. Pada bulan Juni sampai Oktober tahun 2024 selama satu semester. Kemudian pada bulan Maret sampai Juni tahun 2025, penulis melakukan penelitian dan pengambilan data di Gardu unit 1 universitas Sam Ratulangi Manado. Penulis juga merupakan wakil ketua Himpunan Mahasiswa Elektro periode tahun 2023/2024.