

ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) UPDL PANDAAN

Khoirur Rohmat^{1*)} dan Munawar A. Riyadi^{2*)}

¹Specialist Pembelajaran PT PLN (Persero) UPDL Pandaan
Jl. Malang – Surabaya KM. 50 Pandaan Pasuruan Jawa Timur

²Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

*)E-mail: krohmat@gmail.com, munawar@elektro.undip.ac.id

Abstrak

Beban transformator distribusi yang seimbang adalah suatu kondisi ideal yang diharapkan pada suatu sistem kelistrikan, baik ditinjau pada sisi penyedia tenaga listrik maupun bagi pelanggan. Namun demikian, beban seimbang sepanjang waktu pada transformator adalah sulit dicapai sehingga terjadi ketidakseimbangan beban. Pada penulisan ini, dilakukan pengukuran beban gardu distribusi di lokasi PLN UPDL Pandaan yang memiliki beban cukup bervariasi dan pengoperasian tidak serempak. Pengambilan data pengukuran beban secara kontinyu selama 24 jam kali 7 hari pada tanggal 11 – 18 September 2023 dengan menggunakan *Load Recorder* sebagai alat ukur utama dan didukung alat ukur listrik lainnya. Dari hasil analisis didapatkan nilai ketidakseimbangan beban pada siang hari sebesar 8,3% dan malam hari sebesar 37,66%. Sedangkan ketentuan batas nilai maksimal ketidakseimbangan adalah 10%. Upaya penyeimbangan beban melalui pengelolaan instalasi listrik pada bangunan kantor, bengkel dan wisma telah diterapkan. Namun demikian, dibutuhkan pengelolaan beban kelistrikan di sisi pelanggan (*demand side load management*) dan perubahan mindset semua *stakeholder*.

Kata kunci: Pengukuran, ketidakseimbangan beban, pengelolaan pemakaian listrik

Abstract

A balanced distribution transformer load is an ideal condition expected in an electrical system, both from the perspective of the electricity provider and for the customer. However, a balanced load over time on a transformer is difficult to achieve resulting in load imbalance. In this writing, the distribution substation load was measured at the PLN UPDL Pandaan location, which has quite varied loads and asynchronous operation. Continuous collection of load measurement data for 24 hours 7 days on 11 – 18 September 2023 using a Load Recorder as the main measuring instrument and supported by other electrical measuring instruments. From the analysis results, it was found that the load imbalance value during the day was 8.3% and at night it was 37.66%. Meanwhile, the maximum imbalance value limit is 10%. Efforts to balance the load through managing electrical installations in office buildings, workshops and guest houses have been implemented. However, it requires electricity load management on the customer side (demand side load management) and a change in the mindset of all stakeholders.

Keywords: Load measurement, load unbalance, electricity usage management

1. Pendahuluan

PLN UPDL Pandaan adalah salah satu pelanggan listrik dengan bagi PLN Unit Operasional. Sebagaimana diketahui PLN UPDL Pandaan memiliki peran menyelenggarakan pendidikan dan pelatihan bagi pegawai pada lingkup regionalnya [1]. Untuk menunjang operasionalnya, PLN UPDL Pandaan menggunakan listrik untuk kegiatan perkantoran, kelas, bengkel dan wisma sehingga didapatkan beban kelistrikan cukup variatif dan pola pembebanan yang tidak serempak. Dari kondisi tersebut, potensi terjadinya ketidakseimbangan beban transformator menjadi sangat besar.

Penyelesaian ketidakseimbangan transformator pada umumnya adalah dengan cara melakukan pemerataan beban pada masing-masing fase yang dilakukan oleh penyedia listrik [2-5]. Hal ini yang umumnya dilakukan pada pelanggan Rumah Tangga yang memiliki beban relatif homogen [6-8]. Sementara itu permasalahan yang timbul adalah untuk pelanggan daya besar yang utilisasi peralatan listrik tidak serempak dengan peralatan listrik yang bervariasi.

Seperti yang telah disebutkan di atas bahwa PLN UPDL Pandaan merupakan pelanggan besar dengan 555 kVA yang dilayani oleh transformator khusus. Penggunaan

listrik untuk perkantoran di penerangan, AC, komputer, printer, PABX dan Server. Untuk kebutuhan pembelajaran dibagi menjadi 2 (dua) kelompok yakni Class Room dan Bengkel atau laboratorium. Untuk kebutuhan Class Room digunakan untuk penerangan, AC, Laptop peserta pembelajaran, LCD Projector. Sedangkan listrik untuk kebutuhan penerangan, AC pada ruang laboratorium, alat praktek kelistrikan seperti motor listrik, dan alat ukur. Pemanfaatan listrik di Wisma adalah untuk kebutuhan penerangan, AC, televisi, lemari pendingin, pemanas air mandi, teko pemanas air. Untuk kebutuhan operasional dan pemeliharaan, listrik digunakan untuk pompa air, vacuum cleaner dan alat kerja pertukangan.

Dalam penulisan ini disajikan alternatif penyelesaian ketidakseimbangan beban trafo melalui pengelolaan beban yang terintegrasi dengan tata kelola pemilihan (*plotting*) kamar tamu wisma PT PLN UPDL Pandaan.

1.1. Ketidakseimbangan Beban Transformator

Pengertian keadaan seimbang pada sebuah transformator adalah suatu keadaan dimana akumulasi pembebanan menghasilkan indikator ketiga vektor arus atau tegangan sama besar dan ketiga vektor tersebut saling membentuk sudut 120° [8,9].

Pada ketidakseimbangan beban, penjumlahan nilai dari ketiga vektor arus (I_S , I_R dan I_T) nilainya tidak sama dengan nol (0), sebagai akibatnya muncul arus netral (I_N) yang nilainya tergantung dari besarnya ketidakseimbangannya. Adapun untuk mengetahui seberapa besar nilai ketidakseimbangannya beban, pertama-pertama dilakukan perhitungan arus $I_{rata-rata}$ dengan rumusan berikut [10]:

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \dots\dots\dots(1)$$

$$I_R = a \cdot I_{rata-rata} \text{ maka } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}}$$

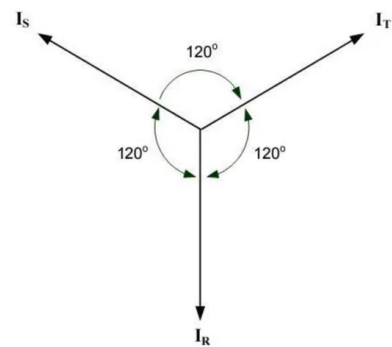
$$I_S = b \cdot I_{rata-rata} \text{ maka } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}}$$

$$I_T = c \cdot I_{rata-rata} \text{ maka } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}}$$

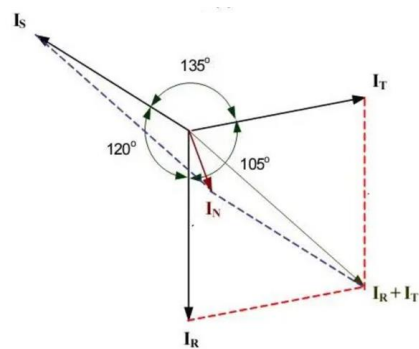
sehingga persentase ketidakseimbangan bebannya dihitung dengan rumus[10] :

$$\text{Ketidakseimbangan (\%)} = \frac{(|a-1|+|b-1|+|c-1|)}{3} \times 100\% \dots(2)$$

I_R = nilai arus pada fasa R
 I_S = nilai arus pada fasa S
 I_T = nilai arus pada fasa T



Gambar 1. Vektor Diagram Beban Seimbang



Gambar 2. Vektor Diagram Beban Tidak Seimbang

1.2. Losses (Rugi Daya) Akibat Adanya Arus Netral

Ketidakseimbangan beban diantara fasa pada sisi sekunder transformator maka dapat menimbulkan aliran arus pada penghantar netral transformator. Penghantar netral transformator yang dialiri arus ini, secara vektoris mengalami pergeseran resultan vektor dari titik nol. Selain itu, akibatnya adalah terjadi *losses* (rugi daya). *Losses* pada netral trafo ini dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

- P_N = rugi daya (*losses*) pada penghantar netral (W)
- I_N = arus yang mengalir pada sisi netral (A)
- R_N = tahanan (*resistance*) penghantar netral (Ω /km)

1.3. Losses (Rugi Daya) Akibat Adanya Arus pada Penghantar Pentanahan

Akibat lainnya dari ketidakseimbangan beban adalah adanya arus yang mengalir pada penghantar pentanahan (*grounding*) [11,12]. Sedangkan rugi daya yang ditimbulkan dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

P_G = rugi daya (*losses*) akibat arus netral yang mengalir ke tanah (W)

I_G = arus yang mengalir pada sisi netral (A)

R_G = tahanan penghantar netral (Ω)

1.4. Load Management Demand Side

Demand Side Load Management atau pengelolaan beban kelistrikan di sisi pelanggan adalah pengelolaan beban yang dilakukan oleh pelanggan terutama pelanggan dengan daya besar yakni di atas 200 kVA. Manfaat dari pengelolaan beban di sisi pelanggan bagi pelanggan adalah yang didapatkan adalah memaksimalkan penggunaan listrik sesuai daya kontrak, terjaganya masa pakai transformator dan keamanan instalasi [13,14].

2. Metode Penelitian

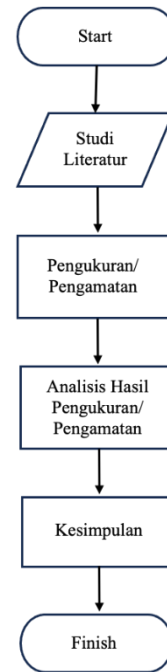
Gambar 3 menunjukkan bagan alur dari pengambilan data beban transformator di gardu khusus UPDL Pandaan. Pada penelitian ini digunakan 4 (empat) peralatan ukur dalam mendapatkan data pengukuran :

- a) 3-Phase Power Analyzer merk EXTECH INSTRUMENTS Type 382090. Alat ini dipergunakan mengukur dan merekam parameter kelistrikan di sisi sekunder trafo distribusi.
- b) Laptop dengan operasi Windows untuk menjalankan software bawaan Extech Type 382090. Laptop ini berfungsi menyimpan hasil pengukuran dan perekaman selama proses pengambilan data berlangsung.
- c) AC Clamp Power Meter dengan merk HIOKI 3286-20. Alat ini dipergunakan untuk mengukur besar arus beban pada sisi sekunder trafo distribusi dan arus pada penghantar netral.
- d) Earth Tester merk KYORITSU New Earth Model 4200. Alat ini dipergunakan untuk mengukur nilai tahanan pembumian.

Proses pengambilan data dilakukan melalui pengukuran tegangan dan arus pada sisi sekunder trafo distribusi di Gardu Khusus Pandaan selama 24 jam. Hasil pengukuran dikelompokkan menjadi 2 (dua), yakni siang dan malam. Adapun langkah kerja pengambilan data adalah sebagai berikut :

- a) Menyiapkan peralatan pengukuran dan menjalankan SOP pengukuran.
- b) Melakukan pengukuran dan merekam hasil pengukuran menggunakan EXTECH INSTRUMENTS Type 382090 yang telah dihubungkan dengan laptop.
- c) Mengukur nilai tegangan dan arus beban pada sisi sekunder transformator distribusi dan arus yang mengalir pada penghantar netral dengan menggunakan AC Clamp Power Meter Hioki 3286-20. Penggunaan alat ini adalah untuk membandingkan terhadap hasil pengukuran antara Extech Type 382090 dan digunakan sewaktu-waktu.

- d) Mengukur nilai tahanan pembumian transformator distribusi menggunakan KYORITSU New Earth Model 4200.
- e) Melakukan ekspor data hasil pengukuran dari Software Extech ke format excel.



Gambar 3. Bagan Alur Dari Penelitian Ilmiah

3. Analisis Hasil Pengukuran

Tabel 1. Spesifikasi Transformator di Gardu Khusus UPDL Pandaan [15]

No	Entitas	Data
1	Merk Trafo	Starlite
2	No Serie	1336612170 - 000
3	Jumlah Fase	3
4	Frekuensi Pengenal	50 Hz
5	Daya Pengenal	630 kVA
6	Tegangan Pengenal Primer	20000 volt
7	Tegangan Pengenal Sekunder	400 volt
8	Arus Pengenal Primer	18,18 A
9	Arus Pengenal Sekunder	909,3 A
10	Tegangan Impedans	4,0%
11	Kelompok Vektor	Dyn5
12	Berat Oli	600 kg
13	Berat Total	2.350 Kg
14	Tahun Pembuatan	07 - 2013

Pengukuran tegangan dan arus di gardu khusus PLN UPDL Pandaan dilakukan selama 7 hari kali 24 jam dengan menggunakan alat ukur Extech Type 382090. Hasil pengukuran dikelompokkan dalam 2 kategori, yakni waktu siang dan malam hari. Untuk kelompok siang dimulai jam 06.00 pagi hingga 18.00 dan untuk kelompok malam adalah pada jam 18.01 hingga jam 05.59 waktu setempat. Dari hasil pengukuran pada kedua kategori, jumlah data

dijumlahkan dan dibagi jumlah interval waktu pengambilan tiap data sehingga diperoleh hasil pengukuran rata-rata.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tegangan dan Cos φ

Fasa	Siang		Malam	
	Teg (V)	Cos φ	Teg (V)	Cos φ
R - N	209,98	0,68	217,64	0,98
S - N	219,07	0,69	227,68	0,98
T - N	206,86	0,68	208,32	0,99

Tabel 3. Hasil Pengukuran Arus

Penghantar	Arus (Ampere)	
	Siang	Malam
Fasa R	365,17	389,45
Fasa S	361,03	163,97
Fasa T	299,48	192,98
Netral (N)	75,80	105,26
Grounding (G)	7,62	16,41

3.1. Analisis Ketidakseimbangan Beban

Tabel 1 menunjukkan spesifikasi transformator yang digunakan di Gardu Khusus UPDL Pandaan, sementara Tabel 2-3 adalah hasil pengukuran tegangan dan arus dengan nilai rata-rata pada kelompok siang dan malam hari. Dari hasil pengukuran pada tabel 3, maka perhitungan ketidakseimbangan beban dilakukan dengan penerapan persamaan 1 dan 2.

a) Pada Siang Hari :

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

$$I_{rata-rata\ Siang} = \frac{365,17 + 219,07 + 206,86}{3} = 341,89 \text{ Ampere}$$

Pada keadaan seimbang, besar arus fasa adalah sama dengan arus rata-rata. Selanjutnya koefisien a, b dan c pada masing-masing fasa dapat diketahui nilainya.

$$I_R = a \cdot I_{rata-rata\ Siang}$$

$$\text{maka } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata\ Siang}} = \frac{365,17}{341,89} = 1,07$$

$$I_S = b \cdot I_{rata-rata\ Siang}$$

$$\text{maka } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata\ Siang}} = \frac{361,03}{341,89} = 1,06$$

$$I_T = c \cdot I_{rata-rata\ Siang}$$

$$\text{maka } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata\ Siang}} = \frac{299,48}{341,89} = 0,88$$

sehingga persentase ketidakseimbangan beban pada siang hari adalah :

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

$$= \frac{(|1,07-1|+|1,06-1|+|0,88-1|)}{3} \times 100\% = 8,3\%$$

b) Pada Malam Hari :

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

$$I_{rata-rata\ Malam} = \frac{389,45 + 163,97 + 192,98}{3} = 248,80 \text{ Ampere}$$

Koefisien a, b dan c pada masing-masing fasa adalah :

$$I_R = a \cdot I_{rata-rata\ Malam}$$

$$\text{maka } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata\ Malam}} = \frac{389,45}{248,80} = 1,57$$

$$I_S = b \cdot I_{rata-rata\ Malam}$$

$$\text{maka } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata\ Malam}} = \frac{163,97}{248,80} = 0,66$$

$$I_T = c \cdot I_{rata-rata\ Malam}$$

$$\text{maka } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata\ Malam}} = \frac{192,98}{248,80} = 0,78$$

persentase ketidakseimbangan beban malam hari adalah :

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

$$= \frac{(|1,57-1|+|0,66-1|+|0,78-1|)}{3} \times 100\% = 37,66\%$$

Dari hasil di atas, bahwa ketidakseimbangan beban transformator di Gardu PLN UPDL Pandaan pada siang hari masih memenuhi standar yakni kurang dari 10%, sedangkan untuk malam hari tidak memenuhi ketentuan yang dipersyaratkan.

Kondisi ini bisa terjadi karena jika pada siang hari penggunaan energi listrik untuk kebutuhan pelatihan dan operasional administratif perkantoran lebih mudah pengelolannya. Sedangkan untuk malam hari, untuk kebutuhan listrik wisma sulit untuk dikelola dikarenakan hal ini identik dengan kebutuhan individu peserta diklat yang menginap di wisma.

3.2. Analisis Losses Akibat Arus Netral

Merujuk Tabel 3, maka besarnya losses akibat arus netral dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Penghantar yang dipasang pada sisi netral trafo adalah jenis NYY 1 x 240 mm² dan merujuk data dari Kabel Metal Indonesia (KMI) penghantar tersebut memiliki tahanan (resistance) sebesar 0,093 Ω/km [16] .

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N$$

a. Rugi Daya Siang

$$P_N = (75,80)^2 \cdot 0,093$$

$$= 534,34 \text{ W atau } 0,534 \text{ kW}$$

b. Rugi Daya Malam

$$P_N = (105,26)^2 \cdot 0,093$$

$$= 1.030,41 \text{ W atau } 1,030 \text{ kW}$$

dimana :

P_N = rugi daya (*losses*) pada penghantar netral (W)
 I_N = arus yang mengalir pada sisi netral (A)
 R_N = tahanan (*resistance*) penghantar netral (Ω/km)

3.3. Analisis Losses Akibat Arus Pentanahan

Hasil pengukuran tahanan pembumian transformator menggunakan earth tester KYORITSU Model 4200 didapatkan nilai 7,88 Ω. Penghantar yang menghubungkan ke ground rod adalah jenis AAAC 70 mm² sedangkan hasil pengukuran arus yang melaluinya adalah sebesar 0,73 A untuk siang hari dan 2,62 A untuk malam hari. dengan resistansi penghantar AAAC 70 mm² adalah 0,438 Ω/km [17].

Perhitungan rugi daya akibat arus pentanahan dihitung dengan menggunakan persamaan 4:

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G$$

a. Rugi Daya Siang

$$P_G = (7,62)^2 \cdot 7,88$$

$$= 457,55 \text{ W atau } 0,458 \text{ kW}$$

b. Rugi Daya Malam

$$P_G = (16,41)^2 \cdot 7,88$$

$$= 2121,99 \text{ W atau } 2,122 \text{ kW}$$

Pada ketidakseimbangan beban, arus mengalir ke penghantar netral dan pentanahan tentunya tidak bisa dihindarkan. Hal ini tentunya menimbulkan rugi daya yang besarnya sangat dipengaruhi oleh nilai arus yang mengalir, jenis dan diameter penghantar netral tersebut [17].

Jika daya nyata transformator dinyatakan dalam P dan daya semu dalam S, maka dari tabel 1 tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = S \cdot \cos \phi$$

$$P = 630 \text{ kVA} \times 0,98 = 617,4 \text{ kVA}$$

Sehingga persentase losses atau rugi daya akibat arus netral dan arus pentanahan dihitung dengan cara membandingkan masing-masing terhadap daya nyata transformator tersebut, sebagaimana persamaan berikut :

$$\% P_N = \frac{P_N}{P} \cdot 100$$

$$\% P_G = \frac{P_G}{P} \cdot 100$$

Tabel 4. Rugi Daya pada Siang dan Malam Hari

	Rugi Daya			
	P _N (kW)	$\frac{P_N}{P}$ (%)	P _G (kW)	$\frac{P_G}{P}$ (%)
Siang	0,53	0,09	0,46	0,07
Malam	1,03	0,17	2,12	0,34

3.4. Analisis Beban Dasar dan Beban Puncak

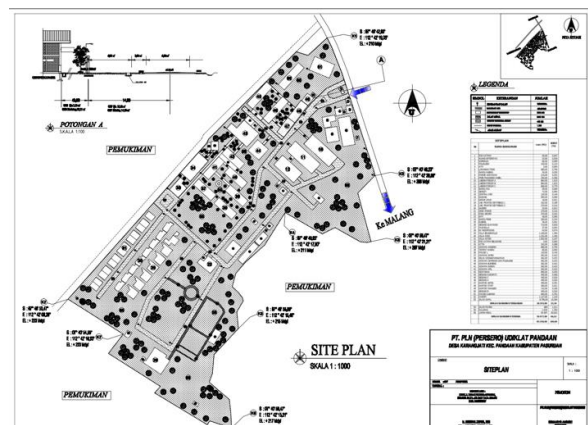
Beban dasar yang dimaksudkan disini adalah beban listrik yang merupakan jumlah beban operasional perkantoran

dan pemeliharaan kantor serta tidak menghitung jumlah pemakaian listrik pada ruang kelas, bengkel dan wisma. Sedangkan beban puncak adalah jumlah beban dasar ditambah dengan jumlah penggunaan listrik untuk kebutuhan ruang kelas, bengkel, laboratorium dan wisma yang mana nilai beban puncak sangat dipengaruhi oleh jumlah pelaksanaan pembelajaran.

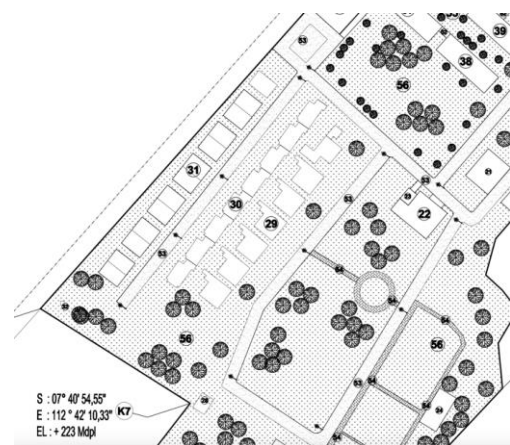
Tabel 5. Rugi Daya pada Siang dan Malam Hari

Penghantar	Arus (Ampere)	
	Siang	Malam
R	255,77	118,15
S	231,80	106,71
T	252,00	115,22
Ketidakseimbangan (%)	3,98	3,91

Pada saat beban dasar, ketidakseimbangan beban mencapai 3,98% di siang hari dan 3,91% untuk malam hari. Hal ini sudah sesuai dengan ketentuan yakni di bawah 10% [11]. Namun demikian, secara total nilai ketidakseimbangan beban menjadi lebih besar dan bahkan mencapai angka 37,66% di waktu malam harinya.



Gambar 4. Site Plan PLN UPDL Pandaan.



Gambar 5. Potongan Gambar Site Plan PLN UPDL pada Wisma Nomor 29, 30 dan 31.

Tabel 6. Fasa Listrik pada Wisma Bugenvile

No Urut	Wisma / Nomor Kamar	Bed	Pax	Fasa		
				R	S	T
1	Bugenvile 0 - kmr 1	King	2	√		
2	Bugenvile 0 - kmr 2	King	2	√		
3	Bugenvile 0 - kmr 3	King	2	√		
4	Bugenvile 0 - kmr 4	King	2	√		
5	Bugenvile 0 - kmr 5	King	2	√		
6	Bugenvile 1 - kmr 1	King	2		√	
7	Bugenvile 1 - kmr 2	King	2		√	
8	Bugenvile 1 - kmr 3	King	2		√	
9	Bugenvile 1 - kmr 4	Twin	2		√	
10	Bugenvile 2 - kmr 1	King	2			√
11	Bugenvile 2 - kmr 2	Twin	2		√	
12	Bugenvile 2 - kmr 3	Twin	2		√	
13	Bugenvile 2 - kmr 4	Twin	2		√	
14	Bugenvile 3 - kmr 1	Twin	2	√		
15	Bugenvile 3 - kmr 2	Twin	2	√		
16	Bugenvile 3 - kmr 3	Twin	2	√		
17	Bugenvile 3 - kmr 4	Twin	2	√		
18	Bugenvile 4 - kmr 1	Twin	2		√	
19	Bugenvile 4 - kmr 2	Twin	2		√	
20	Bugenvile 4 - kmr 3	Twin	2		√	
21	Bugenvile 4 - kmr 4	Twin	2		√	
22	Bugenvile 5 - kmr 1	Twin	2			√
23	Bugenvile 5 - kmr 2	Twin	2			√
24	Bugenvile 5 - kmr 3	Twin	2			√
25	Bugenvile 5 - kmr 4	Twin	2			√
26	Bugenvile 6 - kmr 1	Twin	2		√	
27	Bugenvile 6 - kmr 2	Twin	2		√	
28	Bugenvile 6 - kmr 3	Twin	2		√	
29	Bugenvile 6 - kmr 4	Twin	2		√	

Pengaruh pelaksanaan pembelajaran pada beban kelistrikan sangat besar terhadap ketidakseimbangan beban. Hal ini ditentukan oleh jumlah kelas yang dipakai, jumlah peserta pembelajaran tiap kelas, jenis pembelajaran dan kamar wisma yang dialokasi untuk penginapan peserta pembelajaran.

Solusi untuk menurunkan nilai ketidakseimbangan beban transformator ada 2 yakni, pertama adalah pembagian fasa secara merata pada setiap wisma. Solusi ini adalah bersifat antisipasi, dikarenakan wisma tidak selalu terisi oleh peserta pembelajaran yang mana tergantung jadwal pelaksanaan pembelajaran.

Solusi kedua adalah adalah pengaturan beban yang berupa plotting kamar wisma dengan memperhatikan beban tiap fasa. Aktifitas di malam hari yang membutuhkan listrik berfokus di wisma, sehingga pengelolaan beban listrik di wisma harus dilakukan. Selama ini yang dilakukan adalah penempatan peserta diklat yang menginap hanya ditempatkan urutan nomor kamar dan / atau nomor wisma yang secara layout urutan tersebut adalah berdekatan lokasinya.

Proses plotting kamar peserta pembelajaran saat ini masih dilakukan secara manual dan tidak adanya pemahaman bahwa plotting kamar wisma tersebut berimbas pada ketidakseimbangan beban listrik pada transformator. PLN UPDL Pandaan sedang mengembangkan aplikasi berbasis

web untuk plotting kamar wisma yang akan diujicoba pada bulan Januari 2024. Pada aplikasi ini akan ditambahkan fitur yang berkaitan dengan pembebanan listrik pada wisma.

Selain solusi yang bersifat kelistrikan, pemahaman bagi administrator wisma untuk disiplin dalam menerapkan SOP plotting kamar wisma. Bagi para peserta pembelajaran yang menginap juga tidak diijinkan untuk memilih kamar dan / atau wisma sesuai keinginannya.

4. Kesimpulan

Ketidakseimbangan beban di Gardu UPDL Pandaan terjadi pada malam hari mencapai 37,66% yang selanjutnya disarankan untuk pengelolaan beban melalui pengaturan beban listrik pada wisma melalui plotting kamar wisma dengan mengacu fasa-fasa listrik pada wisma dan / atau kamar wisma.

Dengan pengelolaan di sisi beban diharapkan akan lebih meminimalisir kondisi ketidakseimbangan dan dampak rugi daya akibat arus netral dan pentanahan dapat diperkecil lagi.

Referensi

- [1]. Keputusan Direksi PLN Nomor : 033 K/DIR/1973 tanggal 22 Agustus 1973 tentang Struktur Organisasi Dan Tugas-Tugas Pokok Lembaga Pendidikan Dan Pelatihan.
- [2]. D. Kongah, M. Sarjan, B. Mukhlis. Analisis Pembebanan Transformator Gardu Selatan Kampus Universitas Tadulako. *Metrik* Vol.1 No.1, pp.11-19, 2014.
- [3]. Anang Dasa Novfowan, Mochammad Mieftah, Wijaya Kusuma. Alternatif Penanganan Losses Akibat Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo Distribusi. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*. Vol. 10 No. 1, ISSN: 2407-232X, E-ISSN: 2407-2338.
- [4]. Egi Suyandi, Safriyudin S.T., M.T., Ir. Muhammad Suyanto M.T. Analisis Ketidakseimbangan Beban pada Transformator Distribusi Area Rayon Yogyakarta Kota di PT. PLN (PERSERO) APJ Gedong Kuning Yogyakarta. *Jurnal Elektrikal*, Volume 4 No. 2, Desember 2017, 1-10.
- [5]. Jumari, Jonvawen Sinaga, Rahelina Ginting. Analisis Beban Tiga Fasa Pada Jaringan Instalasi Listrik Gedung di Rumah Sakit Martha Friska Kota Medan. *JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA* Volume 10, Nomor 2, September 2021 : 80-92.
- [6]. Zuraidah Tharo, Amani Darma Tarigan, Rahmadsyah Pulungan. Pengaruh Pemakaian Beban Tidak Seimbang Terhadap Umur Peralatan Listrik. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro* Vol. 1 No. 1 Juni 2018, hal. 10-15.
- [7]. Mangantar Butarbutar, Mulud Riyanto. Manajemen Sisi Beban dan Optimalisasi Tingkat Konsumsi Energi di SMK Negeri 2 Pontianak. *Jurnal ELKHA* Vol.10, No1, Maret 2018.
- [8]. Julius Sentosa Setiadji, Tabrani Machmudsyah, Yanuar Isnanto. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi. *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 6, No. 1, Maret 2006: 68 – 73.

- [9]. Husnibes Muchtar, Yayan Sopian. Studi Verifikasi Sistem Ketidakseimbangan Beban Pada Jaringan Tegangan Rendah Menggunakan Alat PHB – SR (Peralatan Hubung Bagi Sambungan Rumah) DI Wilayah PLN Area Cempaka Putih. Jurnal Elektum Vol. 14 No. 1, ISSN : 1979-5564, DOI: <https://doi.org/10.24853/elektum.14.1.1-8>, e-ISSN : 2550-0678.
- [10]. Tri Watiningsih. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi. Teodolita Vol.13, No.2 Desember 2012 : 58-67.
- [11]. Rita Devi Rahmawati, Bambang Winardi, Ajub Ajulian Zahra. Analisis Keseimbangan Beban di Gedung ICT Universitas Diponegoro. Transient, Vol. 10, No. 2, Juni 2021, e-ISSN: 2685-0206
- [12]. Fajrin Nafiani. Analisis Susut Energi Akibat Ketidakseimbangan Beban di ULP Dukuh Kupang. Jurnal Elsains: Jurnal Elektro Volume 4,Nomor 1, Juni 2022, P-ISSN: 2527-6336, E-ISSN: 2656-7075
- [13]. Muhammad Nazar Pahlawan, Maimun, Zamzami. Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Transformator Distribusi MA 01 pada Penyulang LW 6 Gardu Induk Bayu. JURNAL LITEK : Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika, Vol.16, No.2, September 2019, pp. 52~55, pISSN: 1693-8097; eISSN: 2549-8762.
- [14]. Edaran Direksi Nomor : 017.E/DIR/2014 tentang Pedoman Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset.
- [15]. SPLN D3.002-1: 2020 tentang Spesifikasi Transformator Distribusi.
- [16]. PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) 2011, Lampiran A (normatif) Kapasitas Hantar Arus.
- [17]. SPLN 41-8 1981 tentang Hantaran Aluminium Campuran.