

PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP PROFIL JARINGAN TEGANGAN RENDAH

I Kadek Krisna Yoga¹, Rukmi Sari Hartati², Wayan Gede Ariastina²

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Krisnayogaikadek@gmail.com¹ rukmisari@unud.ac.id², w.ariastina@unud.ac.id³

ABSTRAK

Ketidakseimbangan beban terjadi akibat pembagian beban yang tidak merata di masing-masing fasanya, hal ini dapat terjadi pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah, salah satunya terjadi pada transformator DS0588 penyulang Merdeka, Denpasar. Berdasarkan data yang diperoleh, persentase ketidakseimbangan beban transformator DS0588 sebesar 14%. Transformator DS0588 merupakan salah satu transformator di Penyulang Merdeka Denpasar berkapasitas 160 kVA yang terletak di jalan Badak Agung, Renon Denpasar. Data ketidakseimbangan beban diperoleh di PLN UP3 Bali Selatan. Penelitian dilakukan dengan metode pembagian ulang beban pada masing-masing fasa pada kondisi beban tidak seimbang, sehingga jumlah beban dari ketiga fasa bernilai sama atau mendekati. Hasil yang diperoleh bahwa persentase ketidakseimbangan beban pada kondisi tidak seimbang sebesar 14% dan pada saat kondisi seimbang turun menjadi 2,2%. Rugi-rugi pada jaringan distribusi saat kondisi tidak seimbang besarnya 25 kW dan kondisi seimbang turun menjadi 23,3 kW, ini menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban berpengaruh pada rugi-rugi jaringan tegangan rendah. Semakin tinggi ketidakseimbangan beban maka semakin tinggi rugi-rugi yang ditimbulkan.

Kata Kunci ; Ketidakseimbangan Beban, Transformator.

ABSTRACT

Load imbalance occurs due to unequal distribution of load in each phase, this can occur in low voltage network distribution lines, one of which occurs in the DS0588 transformer, Merdeka feeder, Denpasar. Based on the data obtained, the percentage of DS0588 transformer load unbalance is 14%. The DS0588 transformer is one of the transformers at the Merdeka Denpasar Feeder with a capacity of 160 kVA which is located on Jalan Badak Agung, Renon Denpasar. Load unbalance data obtained at PLN UP3 South Bali. The research was carried out by the method of redistribution of the load on each phase under unbalanced load conditions, so that the total load of the three phases is the same or close. The results obtained were that the percentage of unbalanced loads in unbalanced conditions was 14% and when balanced conditions decreased to 2.2%. The losses in the distribution network when the unbalanced condition is 25 kW and the balanced condition drops to 23.3 kW, this shows that the load imbalance has an effect on the low voltage network losses. The higher the load imbalance, the higher the losses incurred.

Key Words : Load Unbalance, Transformer.

1. PENDAHULUAN

Ketidakseimbangan beban pada sistem tiga fasa terjadi ketika beban pada masing-masing fasa berbeda. Ketidakseimbangan beban mengakibatkan arus pada masing-masing fasa tidak seimbang sehingga resultan arus beban tidak sama dengan nol.

Ketidakseimbangan beban dapat terjadi pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah, salah satunya terjadi pada transformator DS0588, penyulang Merdeka, Denpasar. Berdasarkan data yang diperoleh,

persentase ketidakseimbangan beban transformator DS0588 sebesar 14%.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis tentang pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap profil jaringan tegangan rendah pada transformasi distribusi DS0588 penyulang Merdeka, Denpasar dengan melakukan usaha penyeimbangan dengan membagi ulang beban di setiap fasa agar nilai setiap fasa sama atau mendekati. Yang membedakan penelitian ini dengan penelitian yang sudah ada adalah data dan metode digunakan. Data yang digunakan adalah data

seluruh pelanggan pada transformasi distribusi DS0588 penyulang Merdeka, Denpasar. Dengan *tools* yang digunakan yaitu menggunakan aplikasi aliran daya.

Transformator DS0588 merupakan salah satu transformator di Penyulang Merdeka Denpasar berkapasitas 160 kVA yang terletak di jalan Badak Agung, Renon Denpasar. Pemilihan transformator DS0588 sebagai objek penelitian dikarenakan transformator DS0588 ini memiliki ketidakseimbangan yang tinggi dari data yang diperoleh di PLN UP3 Bali Selatan.

2. TINJAUAN PUSTKA

2.1 Transformator Distribusi

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. [4]

2.2 Rugi-rugi Daya

Arus yang mengalir pada arus netral transformator ini menyebabkan terjadinya rugi-rugi [4]. Besar rugi-rugi atau *losses* dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$P_{Loss} = I^2 R \dots \dots \dots (1)$$

- P_{loss} : Losses (watt)
- I : Arus (A)
- R : Tahanan (Ω)

2.3 Ketidakseimbangan Beban

Ketidakseimbangan adalah suatu keadaan yang terjadi apabila salah satu atau semua fasa pada transformator memiliki nilai yang berbeda. Perbedaan ini bisa dilihat dari besarnya vektor arus/tegangan dan sudut dari masing-masing fasa tersebut. Menurut Standar IEC 61000-4-30 ketidakseimbangan beban tidak boleh melebihi 5 %. [1]

Persentase ketidakseimbangan dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

% Ketidakseimbangan beban

$$= \frac{\text{Maks} | I_r - \frac{I_r + I_s + I_t}{3}, I_s - \frac{I_r + I_s + I_t}{3}, I_t - \frac{I_r + I_s + I_t}{3} |}{\frac{I_r + I_s + I_t}{3}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

- I_r = arus fasa R
- I_s = arus fasa S
- I_t = arus fasa T

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di PLN UP3 Bali Selatan pada transformator distribusi DS0588 Penyulang Merdeka yang terletak di Jl. Badak Agung, Renon Denpasar. Pelaksanaan penelitian ini dimulai dari bulan Juli 2021 sampai Agustus 2021.

Sumber data pada penelitian ini diperoleh dari jurnal – jurnal dan artikel yang berhubungan dengan objek penelitian, serta data dari PLN UP3 Bali Selatan terkait ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi.

3.2 Tahapan Penelitian

Berikut merupakan tahapan – tahapan pada penelitian yang dilakukan yaitu :

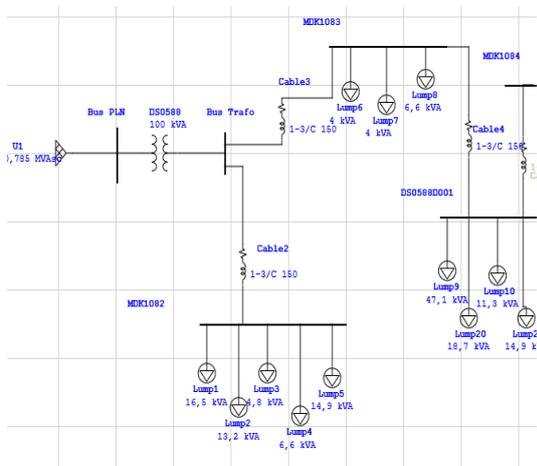
1. Melakukan observasi pada lokasi yang akan dijadikan tempat untuk penelitian mengenai pengaruh ketidakseimbangan terhadap profil jaringan tangan rendah pada transformator distribusi DS0588 penyulang Merdeka, Denpasar.
2. Melakukan pengumpulan data, data yang dimaksud adalah data yang berkaitan dengan penelitian yaitu ketidakseimbangan beban dengan mengumpulkan total jumlah pelanggan, beban pada masing-masing pelanggan dan jarak rumah pelanggan ke tiang pada transformator distribusi DS0588 Penyulang Merdeka. Data ini diperoleh dari PLN UP3 Bali Selatan.
3. Tahapan selanjutnya adalah *input* dan analisis data. Data-data yang telah terkumpul kemudian di *input* aplikasi aliran daya dan dianalisis.
4. Setelah data di *input*, *output* yang dihasilkan yaitu tegangan, daya, arus dan rugi-rugi jaringan tegangan rendah.
5. Membuat simulasi untuk menyeimbangkan beban. Usaha penyeimbangan

dengan metode pengaturan dengan membagi ulang beban dari fasa yang tinggi ke fasa yang rendah, dengan melihat kondisi ketiga fasa sehingga bisa ditentukan tarikan fasa yang akan dipindahkan dari fasa yang bebannya paling tinggi ke fasa dengan beban yang lebih rendah, agar beban dari ketiga fasa sama atau mendekati.

6. Membandingkan ketidakseimbangan beban dengan beban seimbang yang sudah di simulasikan.
7. Kesimpulan dari hasil perbandingan yang didapatkan dari tahap-tahap peneliti

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformator DS0588 merupakan salah satu transformator di Penyulang Merdeka Denpasar berkapasitas 160 kVA yang terletak di jalan Badak Agung, Renon Denpasar. Berikut merupakan *single line diagram* dari jaringan tegangan rendah transformator Distribusi DS0588.



Gambar 1 .Single Line Diagram Jaringan Tegangan Rendah Transformator Distribusi DS0588

Single line diagram pada gambar 1 terdiri dari 12 lump load, dimana kapasitas dari transformator distribusi DS0588 adalah sebesar 160 kVa. Terbagi menjadi 3 titik pusat beban, dimana pusat beban terdiri dari MDK1082, MDK1083 dan DS0588D001.

4.1 Profil Jaringan Tegangan Rendah Pada Kondisi Tidak Seimbang

Ketidakeimbangan terjadi apabila salah satu atau ketiga fasa pada transformator memiliki nilai yang berbeda. Data beban dan pengukuran panjang serta jenis saluran diambil dari beban setiap rumah yang terhubung ke transformator secara langsung.

a. Daya

Besar daya dan arus pada ketiga fasa dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 1. Daya dan Arus Transformator DS0588

ID	Fasa	Daya (kW)	Arus (A)
Bus trafo	R	29	2,8
	S	39	4,3
	T	27	5,5
	N		3,3
MDK1083	R	19	96,2
	S	18	94,2
	T	17	87,4
	N	0	
MDK1083	R	18	94,0
	S	27	134,5
	T	20	124,6
	N	0	
DS0588D001	R	12	70
	S	18	106,9
	T	13	101,5
	N	0	

Dapat dilihat pada tabel 1 jumlah daya di setiap fasanya tidak seimbang dimana daya di fasa masing-masing fasa R,S dan T adalah 49 kW, 64 kW dan 51 kW.

b. Arus

Nilai arus pada kondisi tidak seimbang dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 2. Nilai Arus Tiap Fasa Transformator DS0588

Arus			
R	S	T	N
260,1	335,7	313,0	3,3

Pada tabel 2 terlihat arus dari ketiga fasa transformator Distribusi DS0588 tidak seimbang.

Persentase ketidakseimbangan beban pada kondisi beban tidak seimbang dengan persamaan berikut :

% Ketidakeimbangan beban

$$= \frac{\text{Maks} | Ir - \frac{Ir+Is+It}{3}, Is - \frac{Ir+Is+It}{3}, It - \frac{Ir+Is+It}{3} |}{\frac{Ir+Is+It}{3}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Maks} | 260,01-302,9, 335,7-302,9, 313,0-302,9}{302,9} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Maks} | 42,8, 32,8, 10,1}{302,9} \times 100\%$$

$$= \frac{42,8}{302,9} \times 100\%$$

$$= 14 \%$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan hasil persentase ketidakseimbangan beban transformator distribusi DS0588 sebesar 14 %.

c. Rugi-rugi

Besar rugi-rugi pada jaringan tegangan rendah transformator distribusi DS0588 pada kondisi tidak seimbang dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 3. Losses Jaringan Tegangan Rendah Pada Kondisi Tidak Seimbang

ID	Phasa	kW
Cable 1	A	2,1
	B	2,0
	C	1,7
Cable 2	A	2,0
	B	4,1
	C	3,5
Cable 3	A	1,1
	B	2,6
	C	2,3
DS0588	A	1,1
	B	1,2
	C	1,2
		25,0

Dapat dilihat pada tabel 3 bahwa rugi-rugi seluruh jaringan pada jaringan tegangan rendah transformator DS0588. Besar rugi-rugi pada seluruh jaringan distribusi di transformator DS0588 pada kondisi tidak seimbang sebesar 25,0 kW.

4.2 Usaha Penyeimbangan Beban Profil Jaringan Tegangan Rendah.

Dari data diatas persentase ketidakseimbangan yang didapat cukup tinggi, maka dari itu usaha penyeimbangan dengan metode pengaturan dengan pemindahan beberapa beban dari fasa yang tinggi ke fasa yang rendah, dengan melihat kondisi ketiga fasa sehingga bisa ditentukan tarikan fasa yang akan dipindahkan dari fasa yang bebannya paling tinggi ke fasa dengan beban yang lebih kecil , agar beban dari ketiga fasa sama atau mendekati.

Dari data yang diperoleh, dapat dilihat bahwa besar arus masing-masing pada ketiga fasa R, S dan T adalah 260,1 , 335,7

dan 313,0 A. Pada pusat beban MDK1082 beban yang mengalir pada fasa R dan S dipindahkan ke fasa T, karena melihat kondisi fasa T yang jauh lebih kecil dari pada fasa R dan S, sehingga menghasilkan fasa yang seimbang atau mendekati. kemudian pusat beban MDK1083 beban yang mengalir pada fasa S dipindahkan ke fasa R dan T, karena melihat kondisi fasa R dan T yang lebih kecil dari pada fasa S, sehingga menghasilkan fasa yang seimbang atau mendekati. Dan pusat beban DS0588D001 beban yang mengalir pada fasa S dan T dipindahkan ke fasa R, karena melihat kondisi fasa T yang lebih kecil dari pada fasa R dan S, sehingga menghasilkan fasa yang seimbang atau mendekati.

4.3 Profil Jaringan Tegangan Rendah Pada Kondisi Seimbang

Ketidakseimbangan terjadi apabila salah satu atau ketiga fasa pada transformator memiliki nilai yang berbeda. Data beban dan pengukuran panjang serta jenis saluran diambil dari beban setiap rumah yang terhubung ke transformator secara langsung.

a. Daya

Besar daya dan arus pada ketiga fasa dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4. Daya dan Arus Transformator DS0588

ID	Phasa	Daya (kW)	Arus (A)
Bus trafo	R	33	3,1
	S	37	4,4
	T	53	5,1
	N		3,3
MDK1083	R	19	94,0
	S	19	95,1
	T	18	90,3
	N		
MDK1083	R	22	113,6
	S	22	115,1
	T	21	110,8
	N		
DS0588D001	R	14	88,4
	S	15	89,5
	T	14	86,6
	N		

Dapat dilihat pada tabel 4 setelah dilakukan usaha penyeimbangan daya maka jumlah daya di setiap fasanya sudah seimbang dimana beban pada masing-masing fasa R,S dan T adalah 55 kW, 56 kW dan 53 kW.

b. Arus

Nilai arus pada kondisi tidak seimbang dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 5. Nilai Arus Tiap Fasa Transformator DS0588

Arus			
R	S	T	N
296,0	299,7	287,7	3,3

Pada Tabel 5 terlihat ketiga fasa dari transformator distribusi DS0588 tidak seimbang. Dengan menggunakan data dari tabel 5 dapat dihitung persentase ketidakseimbangan beban pada kondisi beban tidak seimbang dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 & \% \text{ Ketidakseimbangan beban} \\
 & = \frac{\text{Maks} \left| I_a - \frac{I_a+I_b+I_c}{3}, I_b - \frac{I_a+I_b+I_c}{3}, I_c - \frac{I_a+I_b+I_c}{3} \right|}{\frac{I_a+I_b+I_c}{3}} \times 100 \\
 & \% \\
 & = \frac{\text{Maks} \left| 296,0 - 294,4, 299,7 - 294,4, 287,7 - 294,4 \right|}{294,4} \times 100\% \\
 & = \frac{\text{Maks} \left| 1,6, 5,3, 6,7 \right|}{294,4} \times 100\% \\
 & = \frac{6,7}{294,4} \times 100\% \\
 & = 2,2 \%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan hasil persentase ketidakseimbangan beban transformator distribusi DS0588 sebesar 2,2 %.

c. Rugi-rugi

Besar rugi-rugi pada jaringan tegangan rendah transformator distribusi DS0588 pada kondisi seimbang dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 6. Losses Jaringan Tegangan Rendah Pada Kondisi Seimbang

ID	Phasa	kW
Cable 1	A	2,0
	B	2,0
	C	1,8
Cable 2	A	2,9
	B	3,0
	C	2,8
Cable 3	A	1,8
	B	1,8
	C	1,7
DS0588	A	1,1
	B	1,2
	C	1,1
		23,3

Dapat dilihat pada tabel 6 bahwa rugi-rugi seluruh jaringan pada jaringan tegangan rendah transformator DS0588. Besar rugi-rugi pada seluruh jaringan distribusi di transformator DS0588 pada kondisi seimbang sebesar 23,3 kW.

4.4 Perbandingan Profil Jaringan Tegangan Rendah Pada Kondisi Tidak Seimbang dan Setelah Diseimbangkan

Dari hasil yang diperoleh setelah dilakukan pengujian transformasi distribusi pada kondisi beban tidak seimbang dan beban seimbang dapat dilihat bahwa nilai arus, tegangan dan rugi-rugi pada jaringan tegangan rendah berkurang, Sehingga transformasi distribusi DS0588 dapat bekerja dengan maksimal tanpa adanya rugi-rugi yang terlalu tinggi.

a. Daya

Hasil dari usaha penyeimbangan beban maka dapat ditentukan besar daya pada jaringan tegangan rendah transformator distribusi DS0588 pada kondisi tidak seimbang dan pada kondisi seimbang dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 7. Perbandingan Nilai Daya Pada Kondisi Seimbang Dan Tidak Seimbang

Kondisi	R	S	T
Tidak seimbang	49 kW	64 kW	51 kW
Seimbang	55 kW	56 kW	53 kW

Dari hasil yang didapatkan, besar daya pada kondisi tidak seimbang fasa R,S dan T masing-masing sebesar 49 kW, 64 kW dan 51 kW. Setelah dilakukan usaha penyeimbangan, besar tegangan di masing-masing fasa R, S dan T pada kondisi seimbang menjadi 55 kW, 56 kW dan 53 kW. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa nilai daya di masing-masing fasa sudah seimbang meskipun nilai dari masing-masing fasa belum sama namun sudah mendekati.

b. Arus

Hasil dari usaha penyeimbangan beban maka dapat ditentukan besar arus pada jaringan tegangan rendah transformator distribusi DS0588 pada kondisi tidak

seimbang dan pada kondisi seimbang dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 8. Perbandingan Nilai Arus Pada Kondisi Tidak Seimbang dan Seimbang

Kondisi	R	S	T	N	%ketidakseimbangan
Tidak Seimbang	260,1	335,7	313	3,3	14,00%
Seimbang	296,0	299,7	287,7	3,3	2,20%

Dari hasil yang di dapatkan dari input ke aplikasi aliran daya dan perhitungan persentase menggunakan persamaan, didapatkan persentase ketidakseimbangan beban pada jaringan distribusi transformator DS0588 penyulang Merdeka, Denpasar berkurang, dari 14%, kemudian dilakukan usaha penyeimbangan beban dengan membagi ulang beban ketiga fasa jaringan distribusi sehingga persentase ketidakseimbangan beban turun menjadi 2,2%.

c. Rugi-rugi

Hasil dari usaha penyeimbangan beban maka dapat ditentukan besar rugi-rugi pada jaringan tegangan rendah transformator distribusi DS0588 pada kondisi tidak seimbang dan pada kondisi seimbang dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 9. Perbandingan Nilai Rugi-rugi Pada Kondisi Tidak Seimbang dan Seimbang

Kondisi	Rugi-rugi
Tidak Seimbang	25,0 kW
Seimbang	23,3 kW

Dapat dilihat pada tabel 9 bahwa saat kondisi tidak seimbang besar rugi-rugi pada jaringan tegangan rendah transformator distribusi DS0588 adalah sebesar 25 kW dan setelah dilakukan usaha penyeimbangan turun menjadi 23,3 kW ini membuktikan bahwa ketidakseimbangan beban mempengaruhi besar rugi-rugi jaringan tegangan rendah. Semakin tinggi ketidakseimbangan beban maka semakin tinggi rugi-rugi yang ditimbulkan.

5. KESIMPULAN

a. Hasil yang didapatkan bahwa persentase ketidakseimbangan beban pada kondisi tidak seimbang sebesar 14% dan pada saat kondisi seimbang turun menjadi 2,2%. Rugi-rugi pada saat kondisi tidak

seimbang besarnya 25 kW dan kondisi seimbang turun menjadi 23,3 kW, ini menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban berpengaruh pada rugi-rugi jaringan tegangan rendah pada transformator distribusi DS0588, Penyulang Merdeka Denpasar.

b. Ketidakseimbangan beban mempengaruhi besar rugi-rugi jaringan tegangan rendah. Semakin tinggi ketidakseimbangan beban maka semakin tinggi rugi-rugi yang ditimbulkan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEC 61000-4-30 compliance and ION meters, vol, 30, 2019.
- [2] Mulyadi, A. 2011, 'Pengaruh Ketidak Seimbangan Beban Pada Rugi Daya Saluran Netral Jaringan Distribusi Tegangan Renda', *Jurnal Polban*, vol 1, no 1, hh 7-9.
- [3] Siregar, M.A. 2013, 'Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Di Pt. Pln (Persero) Rayon Panam Pekanbaru',
- [4] Sogen, M.D.T, 2018, 'Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Pt Pln (Persero) Area Sorong', *Jurnal Elektro Luceat*, vol 4, no 1, hh 23-28.
- [5] SPLN D3.002-1 ; 2007. Spesifikasi Transformator Distribusi Bagian 1, Jakarta Selatan : Penerbit PT.PLN (Persero).
- [6] Tharo, Z., Tarigan, A.D., Pulungan, R., Aryza, S. 2018. 'An Effect Of Unbalanced Load Usage Of Electrical Equipmen', *International Journal For Innovative Research In Multidisciplinary Field*, vol 4, no 10. ISSN: 2455-0620.
- [7] Nigara, A.G., Primadiyono, Y, 2015, 'Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAP PowerStation 4.0', *Jurnal Teknik Elektro* vol 7, no 1, hh 34-36.