

ANALISIS ALIRAN DAYA DENGAN BEBAN TIDAK SEIMBANG PADA PENYULANG TEUBENG GARDU HUBUNG SIGLI KOTA MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 16.0.

Nur Nuzulul Fitrah, Mahdi Syukri, Syukriyadin, Alfisyahrin

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Jun 9, 2022

Revised Nov 20, 2022

Accepted Dec 11, 2022

Keywords:

Gangguan ETAP,
Gardu Hubung
EMTP

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan komputasi perhitungan aliran daya dengan beban tidak seimbang pada jaringan distribusi dengan sistem radial. Kondisi beban yang tidak seimbang muncul di sisi sekunder dari transformator distribusi dikarenakan permintaan daya pada masing masing fasa tidak sama besar, hal ini disebabkan karena pemakaian beban oleh tiap pelanggan berbeda. Studi aliran Beban yang tidak seimbang pada sistem tenaga listrik akan berpengaruh pada konsumen yaitu akan terjadi penurunan tegangan yang diterima oleh konsumen. Suatu studi aliran beban dengan kondisi beban tak seimbang akan memberikan gambaran tentang kondisi tegangan, sudut fasa, arus, daya dan rugi-rugi daya tiap-tiap bus pada masing-masing fasa A, B dan C. Perhitungan aliran beban tak seimbang dengan menggunakan software ETAP versi 16.0.0 dengan objek penelitian jaringan distribusi sistem radial penyulang Teubeng gardu hubung Sigli Kota. Dari hasil simulasi pada penyulang Teubeng diperoleh beban pada fasa A sebesar 0.473 MW dan 0.313 MVA_r, beban pada fasa B sebesar 0.503 MW dan 0.320 MVA_r, sedangkan beban pada fasa C sebesar 0.483 MW 0.343 MVA_r. Penyulang Teubeng mengalami penurunan tegangan terbesar pada bus DLM005-00S yaitu sebesar 6.1%, 5.8% dan 6.9% untuk masing masing fasa A, B dan C.

Copyright © 2022.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Mahdi Syukri,
Jurusan Teknik Elektro,
Universitas Syiah Kula,
Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.
Email: mahdisyukri@yahoo.co.id

1. INTRODUCTION

Saat ini kebutuhan akan listrik menjadi kebutuhan primer bagi seluruh masyarakat, mengingat hampir disemua kalangan masyarakat membutuhkan tenaga listrik dalam menjalankan kepentingan masing-masing. Dalam memenuhi keperluan listrik di segala sektor, maka dibutuhkan suatu sistem tenaga listrik yang baik sehingga dapat memenuhi

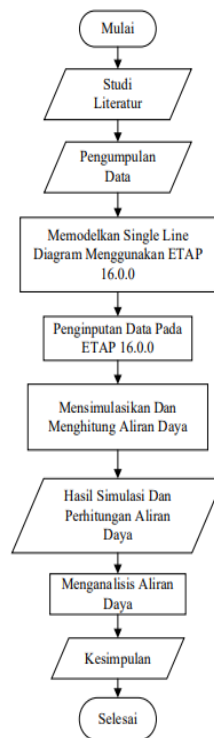
pasokan listrik terjaga dan distribusi listriknya merata disetiap wilayah yang membutuhkan listrik [1][2].

Terdapat beberapa penelitian yang mengkaji tentang aliran daya, salah satunya penelitian yang dikerjakan saudara Nazaruddin dengan judul “Analisis Aliran Beban Tak Seimbang Pada Jaringan Distribusi Sistem Radial Feeder Lk 07 Sistem Kelistrikan Lhokseumawe” Dari penelitian tersebut, diperoleh daya slack bus pada tiap-tiap fasa, beban pada fasa A adalah 185,4 KW, beban pada fasa B adalah 189,8 KW dan beban pada fasa C adalah 182 KW [5]

Pada penelitian ini, akan dilakukan analisis masalah ketidakseimbangan aliran daya pada sistem distribusi radial menggunakan software ETAP versi 16.0.0. Menggunakan metode current injection (CI). Sistem distribusi pada penyulang Teubeng GH Sigli Kota

2. RESEARCH METHOD

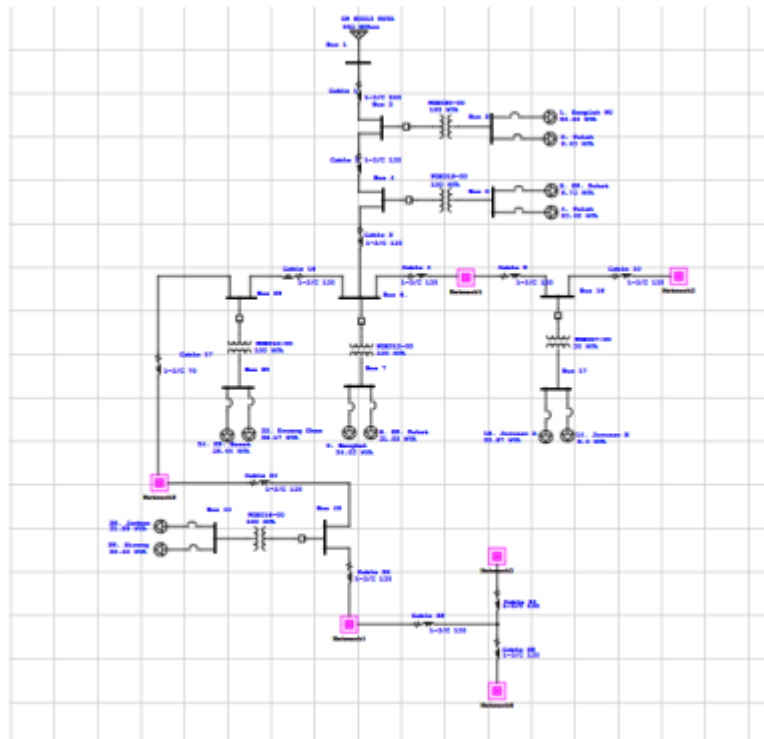
Penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi masalah dan kemudian diikuti dengan studi literatur. Selanjutnya adalah mengumpulkan data pembebanan yang kemudian akan digunakan dalam merangkai simulasi. Kemudian hasil yang diperoleh dari simulasi rangkaian tersebut akan dibahas sesuai dengan studi literature. Gambar 1 menunjukkan tahapan penelitian.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Software ETAP digunakan dalam hal mendesain dan mensimulasikan suatu sistem rangkaian tenaga listrik. Selain digunakan untuk menganalisis aliran daya, software ETAP juga dapat digunakan dalam menganalisa masalah seperti aliran daya tidak seimbang (*unbalance load flow*), hubung singkat (*short circuit*), busur api (*arc flash*), starting motor, harmonisa, koordinasi proteksi, analisa kestabilan transien dan lain lain [26].

Untuk memperoleh nilai tegangan dan arus pada setiap bus, analisis daya aktif dan reaktif serta faktor daya pada masing masing fasa dengan kondisi beban tidak seimbang, terlebih dahulu dibuat gambar simulasi Single line diagram menggunakan Software ETAP 16.0.0. Gambar 2 menunjukkan rangkaian simulasi Single line diagram penyulang Teubeng menggunakan Software ETAP 16.0.0.



Gambar 2. Rangkaian simulasi Single line diagram penyulang Teubeng

3. RESULTS AND DISCUSSION

Sistem distribusi penyulang Teubeng umumnya disalurkan kepada konsumen rumah tangga, dimana sebagian besar menggunakan beban 1 fasa. Selain itu, penggunaan beban masing-masing konsumen pada setiap waktu berbeda beda sehingga terjadinya ketidakseimbangan beban pada sistem distribusi

Tabel 1. Hasil Simulasi Tegangan Pada Transformator Distribusi.

NO	ID	Phasa - Phasa	Primer				Phasa - Netral	Sekunder			
			Tegangan (kV)	Sudut (deg)	Arus (A)	Sudut (deg)		Tegangan (kV)	Sudut (deg)	Arus (A)	Sudut (deg)
1	DLM005-00	A-B	19.778	-0.3	2.4	-32.71	A-N	0.217	-32.0	122.6	-68.21
		B-C	19.771	-120.3	2.8	-150.93	B-N	0.218	-152.7	129.2	-178.8
		A-C	19.780	119.8	2.7	80.43	C-N	0.215	87.5	143.5	54.35
2	DLM006-00	A-B	19.769	-0.3	2.4	-30.74	A-N	0.222	-31.5	120.0	-66.65
		B-C	19.760	-120.3	2.9	-151.25	B-N	0.222	-151.9	132.0	-177.82
		A-C	19.769	119.7	2.7	80.44	C-N	0.220	88.2	142.8	53.78
3	DLM007-00	A-B	19.778	-0.3	1.6	-29.56	A-N	0.222	-31.6	74.0	-59.31
		B-C	19.771	-120.3	1.6	-157.28	B-N	0.221	-151.7	83.9	-178.33
		A-C	19.780	119.8	1.4	85.82	C-N	0.221	88.7	75.1	48.19
4	DLM009-00	A-B	19.778	-0.3	1.1	-25.6	A-N	0.220	-31.9	47.2	-61.39
		B-C	19.771	-120.3	1.3	-155.96	B-N	0.218	-152.5	61.2	-178.33
		A-C	19.780	119.8	1	79.03	C-N	0.217	88.2	57.9	48.19
5	DLM010-00	A-B	19.769	-0.3	2.2	-35.61	A-N	0.218	-31.9	113.3	-67.76
		B-C	19.761	-120.3	2.3	-150.44	B-N	0.219	-152.2	108.5	178.65
		A-C	19.770	119.7	2.4	83.53	C-N	0.217	87.7	121.5	57.33
6	DLM012-00	A-B	19.780	-0.3	-	-	A-N	0.228	-30.2	-	-
		B-C	19.773	-120.3	-	-	B-N	0.228	-150.3	-	-
		A-C	19.782	119.8	-	-	C-N	0.228	89.7	-	-
7	DLM016-00	A-B	19.778	-0.3	5.3	-32.63	A-N	0.223	-31.4	257.8	-62.37
		B-C	19.771	-120.3	5.3	-154.44	B-N	0.223	-151.5	265.7	176.97
		A-C	19.780	119.8	5.2	86.18	C-N	0.223	88.6	259.2	55.77
8	DLM021-00	A-B	19.768	-0.3	0.855	-39.19	A-N	0.224	-20.9	48.6	-70.5
		B-C	19.759	-120.3	0.934	-145.48	B-N	0.225	-151.0	40.8	-179.72
		A-C	19.769	119.7	1.1	84.28	C-N	0.224	88.8	52.1	61.85
9	DLM022-00	A-B	19.784	-0.3	0.737	-25.49	A-N	0.226	-30.9	30.1	-49.91
		B-C	19.777	-120.3	0.692	-164.35	B-N	0.225	-150.8	38.1	175.1
		A-C	19.785	119.8	0.504	89.84	C-N	0.225	89.4	27.1	46.71
10	DLM023-00	A-B	19.787	-0.2	0.754	-32.07	A-N	0.225	-30.8	36.2	-61.35
		B-C	19.781	-120.3	0.756	-154.6	B-N	0.225	-150.9	37.7	177.44
		A-C	19.789	119.8	0.725	86.52	C-N	0.225	89.2	36.3	56.01
11	GRG011-00	A-B	19.795	-0.2	0.918	-33.28	A-N	0.222	-31.8	43	-56.95
		B-C	19.789	-120.2	0.769	-160.86	B-N	0.220	-151.5	43.5	170.73
		A-C	19.796	119.8	0.757	93.06	C-N	0.222	88.6	34.9	56.12
12	GRG015-00	A-B	19.793	-0.2	0.841	-34.7	A-N	0.222	-31.8	39.2	-53.93
		B-C	19.788	-120.2	0.607	-165.64	B-N	0.221	-151.1	37.8	165.88
		A-C	19.795	119.8	0.638	99.36	C-N	0.224	88.9	26.3	58.71
13	GRG017-00	A-B	19.793	-0.2	1.4	-32.76	A-N	0.223	-31.4	66.4	-58.04
		B-C	19.788	-120.2	1.2	-158.91	B-N	0.220	-151.2	67.8	172.72
		A-C	19.795	119.8	1.2	91.18	C-N	0.222	88.9	57.5	56.07
14	PDE012-00	A-B	19.878	-0.2	1.4	-37.05	A-N	0.222	-31.1	80.1	-72.07
		B-C	19.871	-120.2	1.7	-145.37	B-N	0.224	-151.5	72.5	-176.88
		A-C	19.876	119.9	1.8	81.35	C-N	0.221	88.2	93.2	59.23
15	PDE013-00	A-B	19.870	-0.2	2	-34.46	A-N	0.220	-31.7	101.9	-65.77
		B-C	19.863	-120.2	2.1	-151.79	B-N	0.221	-151.9	100.2	178.0
		A-C	19.868	119.8	2.1	84.59	C-N	0.220	88.1	106.8	56.9

16	PDE014-00	A-B	19.862	-0.2	1.8	-42.79	A-N	0.219	-31.5	104.8	-70.9
		B-C	19.855	-120.2	1.8	-145.18	B-N	0.222	-151.5	79.8	176.06
		A-C	19.859	119.8	2.2	86.48	C-N	0.221	87.8	103.9	64.15
17	PDE015-00	A-B	19.868	-0.2	1.7	-32.76	A-N	0.220	-31.3	92.1	-71.45
		B-C	19.862	-120.2	2.2	-147.38	B-N	0.222	-152.0	95.4	-174.99
		A-C	19.867	119.8	2.2	78.54	C-N	0.219	88.0	116.0	55.52
18	PDE016-00	A-B	19.799	-0.2	1.8	-41.1	A-N	0.221	-31.8	92.4	-61.34
		B-C	19.793	-120.2	1.3	-156.7	B-N	0.221	-151.1	74.4	165.15
		A-C	19.800	119.8	1.7	96.49	C-N	0.223	88.4	67.8	66.48
19	PDE017-00	A-B	19.832	-0.2	2.3	-29.87	A-N	0.220	-32.0	102.5	-58.74
		B-C	19.826	-120.2	2.2	-158.56	B-N	0.218	-152.1	116.0	175.84
		A-C	19.832	119.8	1.9	86.52	C-N	0.219	88.4	100.9	51.72
20	PDE019-00	A-B	19.901	-0.1	2.2	-34.11	A-N	0.220	-31.8	109.8	-65.84
		B-C	19.896	-120.1	2.3	-151.94	B-N	0.220	-152.0	109.4	178.26
		A-C	19.900	119.9	2.3	84.13	C-N	0.219	88.0	116.3	56.38
21	PDE027-00	A-B	19.861	-0.2	1.1	-35.03	A-N	0.225	-31.1	53.7	-58.18
		B-C	19.854	-120.2	0.908	-158.81	B-N	0.224	-150.9	50.9	170.46
		A-C	19.858	119.8	0.969	93.77	C-N	0.225	89.1	43.2	59.5
22	PDE030-00	A-B	19.918	-0.1	1.8	-32.63	A-N	0.220	-31.3	97.7	-72.44
		B-C	19.914	-120.1	2.4	-145.82	B-N	0.222	-152.1	101.7	-174.07
		A-C	19.917	119.9	2.3	77.72	C-N	0.218	87.9	126.0	55.35
23	PDE031-00	A-B	19.856	-0.2	0.373	-43.48	A-N	0.227	-30.9	18.2	-51.0
		B-C	19.849	-120.2	0.148	176.11	B-N	0.226	-150.2	14.0	147.71
		A-C	19.855	119.8	0.276	116.54	C-N	0.229	89.5	6.8	87.18
24	PDE033-00	A-B	19.856	-0.2	1.5	-31.58	A-N	0.222	-31.3	78.0	-67.53
		B-C	19.850	-120.2	1.8	-150.06	B-N	0.222	-151.7	83.1	-177.44
		A-C	19.855	119.8	1.7	80.72	C-N	0.221	88.4	92.6	54.92
25	PDE038-00	A-B	19.867	-0.2	1.3	-37.79	A-N	0.225	-31.7	68.6	-66.52
		B-C	19.860	-120.2	1.3	-150.56	B-N	0.226	-151.5	60.5	175.66
		A-C	19.865	119.8	1.4	86.89	C-N	0.226	88.2	67.0	60.47
26	PDE049-00	A-B	19.807	-0.2	0.388	-31.5	A-N	0.224	-30.7	21.7	-74.39
		B-C	19.801	-120.2	0.568	-144.56	B-N	0.225	-151.2	23.0	170.2
		A-C	19.808	119.8	0.549	76.06	C-N	0.223	88.8	30.0	55.82
27	PDE050-00	A-B	19.862	-0.2	1	-39.59	A-N	0.221	-32.0	50.2	-58.69
		B-C	19.854	-120.2	0.678	-160.74	B-N	0.221	-151.1	42.1	163.92
		A-C	19.858	119.8	0.871	98.6	C-N	0.224	88.5	34.4	65.25
28	PDE051-00	A-B	19.846	-0.2	0.396	-32.35	A-N	0.225	-30.7	22	-73.39
		B-C	19.840	-120.2	0.555	-144.9	B-N	0.226	-151.1	22.7	-171.53
		A-C	19.846	119.8	0.544	77.3	C-N	0.224	88.9	29.3	56.44
29	PDE055-00	A-B	19.825	-0.2	1.4	-26.48	A-N	0.224	-31.3	59.5	-56.38
		B-C	19.819	-120.2	1.4	-159.02	B-N	0.222	-151.4	73.6	178.07
		A-C	19.825	119.8	1.1	84.97	C-N	0.222	89.0	62.2	49.19
30	PDE057-00	A-B	19.864	-0.2	0.839	-46.41	A-N	0.219	-31.4	51.4	-72.75
		B-C	19.856	-120.2	0.804	-141.95	B-N	0.223	-151.3	34.9	175.1
		A-C	19.861	119.8	1.1	87.15	C-N	0.222	87.8	50.0	67.02
31	PDE060-00	A-B	19.862	-0.2	2.8	-30.84	A-N	0.225	-31.1	135.1	-64.73
		B-C	19.855	-120.2	3.1	-151.94	B-N	0.225	-151.3	146.5	-178.9
		A-C	19.859	119.8	2.9	82.39	C-N	0.224	88.8	153.3	54.62
32	PDE064-00	A-B	19.874	-0.2	2.2	-31.87	A-N	0.225	-30.9	115.5	-68.38
		B-C	19.867	-120.2	2.7	-148.7	B-N	0.226	-151.1	121.2	-176.1
		A-C	19.872	119.8	2.6	80.41	C-N	0.225	88.9	139.7	55.86
33	PDE066-00	A-B	19.862	-0.2	0.612	-25.32	A-N	0.225	-31.2	25.6	-53.77
		B-C	19.855	-120.2	0.621	-160.84	B-N	0.223	-151.3	32.7	177.51
		A-C	19.859	119.8	0.467	85.95	C-N	0.224	89.2	26.0	47.63

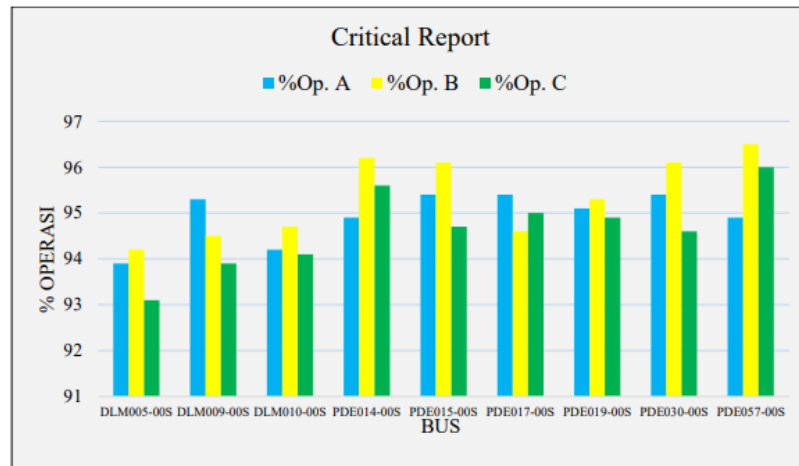
Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa kondisi undervoltage terjadi pada sisi sekunder dari transformator distribusi. Penurunan tegangan pada sisi sekunder berbeda-beda untuk setiap phasanya, hal ini diakibatkan karena transformator distribusi dihubungkan dengan beban yang tidak seimbang. Penurunan tegangan pada sisi sekunder dipengaruhi oleh besarnya arus dan impedansi dari transformator distribusi. Semakin besar arus dan impedansi transformator, maka semakin besar penurunan tegangan yang terjadi. Penurunan tegangan terendah terjadi pada DLM005-00S dengan tegangan operasi sebesar 0.217, 0,218 dan 0.215 dengan rating 93.9%, 94.2% dan 93.1% untuk masing-masing phasa a, b dan c

Dari hasil analisis aliran daya untuk kondisi beban tidak seimbang didapatkan kondisi under voltage pada bus sisi sekunder dengan rating 400V. Kondisi tersebut terjadi pada sisi sekunder transformator distribusi DLM005-00 (DLM005-00S), sisi 37 sekunder transformator distribusi DLM009-00 (DLM009-00S), sisi sekunder transformator distribusi DLM010-00 (DLM010-00S), sisi sekunder transformator distribusi PDE014-00 (PDE014-00S), sisi sekunder transformator distribusi PDE015-00 (PDE015-00S), sisi sekunder transformator distribusi PDE017-00 (PDE017-00S), sisi sekunder transformator distribusi PDE019-00 (PDE019-00S), sisi sekunder transformator distribusi PDE030-00 (PDE030-00S) dan sisi sekunder transformator distribusi PDE037-00 (PDE037-00S). Hasil keluaran Alert View menggunakan aplikasi ETAP 16.0.0 dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 2. Hasil Alert View ETAP 16.0.0 dengan beban tidak seimbang

Device ID	Type	Condition	Rating/ limit	Unit	Operasi A (kV)	Operasi B (kV)	Operasi C (kV)	%Op. A	%Op. B	%Op. C
DLM005-00S	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.217	0.218	0.215	93.9	94.2	93.1
DLM009-00S	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.220	0.218	0.217	95.3	94.5	93.9
DLM010-00S	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.218	0.219	0.217	94.2	94.7	94.1
PDE014-00S	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.219	0.222	0.221	94.9	96.2	95.6
PDE015-00S	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.220	0.222	0.219	95.4	96.1	94.7
PDE017-00S	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.220	0.218	0.219	95.4	94.6	95.0
PDE019-00S	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.220	0.220	0.219	95.1	95.3	94.9
PDE030-00S	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.220	0.222	0.218	95.4	96.1	94.6
PDE037-00S	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.219	0.223	0.222	94.9	96.5	96.0

Hasil Alert View ETAP 16.0.0 pada keadaan beban tidak seimbang juga dapat ditampilkan seperti pada diagram berikut



Gambar 4. Hasil Alert View Pada Kondisi beban Tidak Seimbang

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa kondisi undervoltage terjadi pada sisi sekunder dari transformator distribusi. Penurunan tegangan pada sisi sekunder berbeda-beda untuk setiap fasanya, hal ini diakibatkan karena transformator distribusi dihubungkan dengan beban yang tidak seimbang. Penurunan tegangan pada sisi sekunder dipengaruhi oleh besarnya arus dan impedansi dari transformator distribusi. Semakin besar arus dan impedansi transformator, maka semakin besar penurunan tegangan yang terjadi. Penurunan tegangan terendah terjadi pada DLM005-00S dengan tegangan operasi sebesar 0.217, 0.218 dan 0.215 dengan rating 93.9%, 94.2% dan 93.1% untuk masing-masing phasa a, b dan c.

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa terdapat 9 bus yang mengalami kondisi under voltage. Hal ini dikarenakan persentase operasi tegangan pada salah satu maupun ketiga phasa telah melebihi limit (5%). Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa under voltage terbesar terjadi pada bus DLM005-00S dengan rating 93.9%, 94.2% dan 93.1% dengan penurunan tegangan sebesar 6.1%, 5.8% dan 6.9% untuk masing masing phasa a, b dan c. Namun kondisi ini masih dalam batas marginal, sesuai standar PLN (SPLN 1:1995) dimana batas maksimum turun tegangan sebesar -10% dari tegangan nominal sedangkan batas maksimum naik tegangan adalah +5% dari tegangan nominal [27][28]. Perbedaan persentase operasi pada setiap phasa terjadi pada tegangan 400 V dikarenakan terhubung dengan beban tidak seimbang.

4. CONCLUSION

Adapun kesimpulan yang di dapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil simulasi, dapat diketahui bahwa kondisi beban yang tidak seimbang mengakibatkan perbedaan nilai tegangan dan arus antara phasa A, B dan C pada sisi sekunder dari transformator distribusi.

2. Dari hasil simulasi, dapat dilihat bahwa terdapat 9 buah bus yang mengalami kondisi under voltage namun masih dalam batas marginal sesuai standar PLN (SPLN 1:1995).
3. Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa persentase ketidakseimbangan tertinggi terjadi pada PDE031-00 dengan rating 68.63%. Hal ini diakibatkan karena salah satu fasa (Fasa B) tidak dialiri arus.
4. Masalah ketidakseimbangan beban dapat diatasi dengan cara menyeimbangkan beban tersebut, hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi atau menambah beban pada masing masing fasa (Fasa R, fasa S dan fasa T) sehingga akan diperoleh keadaan yang seimbang antar ketiga fasa tersebut

REFERENCES

- [1] H. Tanamal, A. Herawati, N. Daratha, and I. N. Anggraini, "Analisis Pengaruh Beban Tak Seimbang Terhadap Arus Netral Pada Trafo IV GI Sukamerindu Bengkulu," *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 7–13, 2019, doi: 10.33369/jamplifier.v9i2.15377.
- [2] M. Fikri and D. Anggani, "Metode Newton Raphson Untuk Analisis Aliran Daya Jaringan Distribusi 12,66 kV," *J. Ilm. SUTET*, vol. 8, no. 2, pp. 114–121, 2018.
- [3] H. Labulu, F. Lisi, and M. Tuegeh, "Analisa Sistem Tenaga Listrik Di Minahasa Dalam Menghindari Padam Total (Electrical System Analysis in Minahasa in Avoiding Total Off)," *Tek. Elektro dan Komput.*, pp. 26–32, 2015.
- [4] K. M. Pangloli, "Analisis Aliran Daya Menggunakan Metode Fast Decoupled Pada Sisi Tegangan 6.3 kV PT. Semen Tonasa V," *Publ. Ilm.*, pp. 8–14, 2020.
- [5] Nazaruddin, Mahalla, and Fauzi, "Analisis Aliran Beban Tak Seimbang Pada Jaringan Distribusi Sistem Radial Feeder Lk 07 Sistem Kelistrikan Lhokseumawe," vol. 2, no. 1, 2018.
- [6] D. S. W. Jayabadi, B. Winardi, and M. Facta, "Analisis Beban Trafo 1 GI Sronol Terhadap Rugi-Rugi Akibat Arus Netral Dan Suhu Trafo Menggunakan ETAP 12.6.0," vol. 5, no. 2302–9927, p. 426, 2016.
- [7] A. Hasibuan, M. Isa, M. I. Yusoff, S. Rafidah, and A. Rahim, "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap," vol. 3, no. 1, 2020.
- [8] Adrianti and S. Iriani, "Studi Aliran Daya Tiga Fasa Untuk Sistem Distribusi Dengan Metode Pendekatan Langsung," *TeknikA*, vol. Vol.2, no. 29, pp. 60–66, 2008.
- [9] A. D. Rana, J. B. Darji, and M. Pandya, "Backward / Forward Sweep Load Flow Algorithm for Radial Distribution System," *IJRSD*, vol. 2, no. 01, 2014.
- [10] Syahrizal, Syukriyadin, and R. Firdaus, "Analisis Aliran Daya Beban Tidak Seimbang Pada Feeder Blang Bintang GH Lambaro Banda Aceh," *Semin.Nas. dan Expo Tek. Elektro 2012*, no. August 2012, pp. 1–7, 2012.
- [11] H. M. Shertukde and Madhusudan, *Power systems analysis illustrated with MATLAB and ETAP*, First edit. Amerika Serikat: CRC Press/Taylor & Francis Group, 2018.
- [12] Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*. 2000.
- [13] M. Sau, *Energi dan Operasi Tenaga Listrik*. Yogyakarta, 2019.
- [14] Suhadi and T. Wrahatnolo, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*, vol. 53, no. 9. 2012.
- [15] A. Kadir, *Transmisi Tenaga Listrik*. 2011.
- [16] Dasman and Handayani, *Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, vol. 6, no. 2. 2017.

- [17] Jumadi, "Analisis Pengaruh Jenis Beban Listrik Terhadap Kinerja Pemutus Daya Listrik Di Gedung Cyber Jakarta," *J. Energi Kelistrikan*, vol. 7, no. 2, pp. 108–117, 2015.
- [18] N. A. Nurhayati, Suriadi, and Syahrizal, "Analisis Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi Di Penyulang Pasar Aceh," vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2012.
- [19] A. Rizki, "Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo 200 kVA," Skripsi, Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan., 2021.
- [20] S. Sudirham, *Analisis Sistem Tenaga*. Bandung: Darpublic, 2012.
- [21] M. A. Latif and D. B. Santoso, "Analisis Ketidakseimbangan Transformator Untuk Identifikasi Beban Lebih Gardu E308," vol. 11, no. 1, pp. 108–111, 2022.
- [22] Syafii, *Komputasi Sistem Tenaga Dengan Pemrograman Visual C++*. Padang: Andalas University Press, 2015.
- [23] R. Salman, "Simulasi Dan Analisis Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Perangkat Lunak Electrical Transient Analyser Program (Etap) Versi 4.0," *J. Pendidik. Teknol. Dan Kejur.*, vol. 15, no. 1, pp. 119–126, 2014, doi: 10.24114/jptk.v15i1.1510.
- [24] J. B. V. Subrahmanyam, "Load Flow Solution for Unbalanced Radial Distribution," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 40–51, 2009.
- [25] P. Samal and S. Ganguly, "A Modified Forward Backward Sweep Load Flow Algorithm for Unbalanced Radial Distribution Systems," pp. 1–5, 2015.
- [26] ETAP User Guide 16.0.0, no. 10002889. Operation Technology, Inc, 2016.
- [27] H. Widiarto and Y. Suprihartini, "Analisis Kualitas Jalur Distribusi Menggunakan Etap Power Station 12.6.0 Pada Gardu Politeknik Penerbangan Indonesia," *Ilmu Pengetah.*, vol. 2, no. 1, pp. 82–90, 2022.
- [28] PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), *Tegangan Tegangan Standar*, vol. 1.1995.
- [29] F. Khoerudin, "Analisis Ketidakseimbangan Pembebanan Arus Netral Dan Losses Di Jaringan Distribusi," vol. 7, pp. 1–8, 2020.
- [30] IEEE, *IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications*, vol. 1995.