

ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA PENYULANG PALISI PT PLN (PERSERO) RAYON MAROS

Ahmad Rizal Sultan¹, Ria Fitriani Rachman²

¹ Politeknik Negeri Ujung Pandang

Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10 Makassar 90245

² PT.PLN(Persero) Area Makassar Utara, Rayon Maros

Jl. Jenderal Sudirman No 5 Maros 90511

E-mail: rizal.sultan@poliupg.ac.id

Abstrak

Peningkatan beban listrik di PT PLN (Persero) Rayon Maros cukup pesat. Ketidakseimbangan beban yang sering terjadi dapat mengakibatkan gangguan trafo yang dapat menimbulkan gangguan penyulang dan pelanggan padam. Penyulang dengan gangguan terbanyak sepanjang tahun 2017 di PT.PLN(Persero) Rayon Maros adalah Penyulang Palisi dengan penyebab terbesar yaitu gangguan pada trafo, yakni kerusakan karena beban trafo yang tidak seimbang sebesar 12 kali gangguan. Metode yang dilakukan adalah metode koefisien ketidakseimbangan beban dengan data hasil pengamatan dan pengukuran di Penyulang Palisi. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan persentase ketidakseimbangan beban rata-rata sebesar 19.86 % dan rugi daya yang terjadi akibat dari beban tidak seimbang sebesar 17843,18 Watt. Untuk mengurangi ketidakseimbangan beban yang terjadi pada penyulang Palisi maka dilakukan pengalihan beban dari fasa R-S, S-T, dan T-R.

Kata kunci: ketidakseimbangan beban, pemerataan beban, rugi daya

PENDAHULUAN

Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi oleh PT PLN (Persero) dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik.

Salah satu unit PLN yakni PT. PLN (Persero) Rayon Maros memiliki jumlah pelanggan sejumlah 79.544 pelanggan yang dilayani oleh 784 unit transformator yang tersebar pada 11 Penyulang. Keandalan distribusi listrik ke pelanggan merupakan salah satu aspek paling utama. Indikator standar mutu pelayanan dapat dinilai dari minimalnya pemadaman yang terjadi. Salah satu penyebab terbesar gangguan di PT PLN (Persero) Rayon Maros Penyulang Palisi adalah gangguan transformator. Pada Rayon Maros penyulang yang tergolong kronis ditandai dengan adanya gangguan penyulang per 100 kms tertinggi sepanjang 2017 yakni Penyulang Palisi dengan 41 kali gangguan.

Penyebab kerusakan transformator tertinggi disebabkan oleh ketidakseimbangan beban sebanyak 12 kasus. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut muncul arus netral pada transformator. Arus netral yang mengalir pada netral transformator ini menyebabkan losses (rugi-rugi), yaitu losses akibat adanya arus netral pada penghantar

netral transformator atau losses akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah.

Permasalahan trafo distribusi merupakan faktor terbesar penyumbang rugi-rugi t di PT PLN (Persero) Rayon Maros. Berkaitan dengan hal tersebut, Penyulang Palisi merupakan Penyulang terpanjang dan memiliki rasio kerusakan trafo terbesar yang terdapat di PT PLN (Persero) Rayon Maros, maka dilakukan prioritas perbaikan susut teknis pada penyulang tersebut.

Rugi daya yang lebih besar pada transformator berbeban tidak seimbang menyebabkan efisiensi menjadi lebih kecil dibandingkan dengan transformator berbeban seimbang pada daya keluaran yang sama. Rugi daya berlebihan ini menyebabkan timbulnya panas lebih yang sangat berpotensi memperpendek umur operasi transformator. Kerugian yang terjadi akibat beban tidak seimbang akan berdampak besar pada pihak konsumen maupun pihak PLN . Pada penelitian sebelumnya [1] telah menjelaskan analisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap rugi daya saluran netral pada jaringan distribusi di PT PLN (Persero) Rayon Rivai Palembang menggunakan software ETAP 12.6.0 membahas mengenai berapa besar pengaruh ketidakseimbangan beban

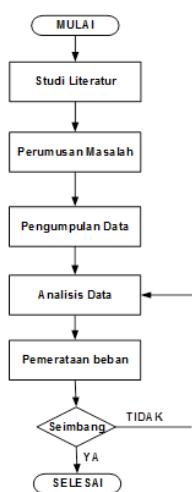
terhadap rugi-rugi daya saluran Netral pada jaringan distribusi dengan menggunakan software ETAP. Pada penelitian lain [2] telah melakukan analisa ketidakseimbangan beban terhadap rugi-rugi daya pada saluran dan transformator distribusi 20 kV serta [3] analisis ketidakseimbangan beban terhadap efisiensi transformator distribusi.

Demikian pula [4] dan [5] telah melakukan analisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada trafo distribusi dengan lokasi yang berbeda. [6] juga telah melakukan analisis ketidakseimbangan beban transformator distribusi untuk identifikasi beban lebih dan estimasi rugi-rugi pada jaringan tegangan rendah.

Dari uraian diatas penulis ingin menghitung persentase ketidakseimbangan beban yang terjadi Pada penyulang Palisi di PT PLN (Persero) Rayon Maros dengan judul "Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Palisi PT PLN (Persero) Rayon Maros" serta memberikan masukan kepada pihak PT PLN (Persero) Rayon Maros agar tenaga listrik dapat tersalurkan dengan baik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada wilayah kerja PT. PLN (Persero) Area Makassar Utara Rayon Maros di Jalan Jendral Sudirman No.5 Kabupaten Maros. Adapun teknik pengumpulan data yang dilakukan yaitu melalui pengamatan, wawancara dengan pihak terkait, dan melakukan dokumentasi. Metode perhitungan yang digunakan adalah metode koefisien ketidakseimbangan. Adapun flowchart langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada gambar 1 :



Gambar 1. Flowchart metode penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Gambaran umum kelistrikan pada PT.PLN (persero) Rayon Maros meliputi data jumlah gangguan dan susut pelanggan pada Penyulang Palisi. Data yang diperoleh merupakan data pengukuran pada beban puncak yakni dengan rentang waktu pukul 17.00-22.00 WITA. Pada penyulang Palisi terdapat 105 buah trafo yang dihitung persen pembebanan, persen ketidakseimbangan, dan rugi-rugi daya. Pada analisis ini akan ditampilkan 45 data trafo sebagai sampel dengan persen ketidakseimbangan terbesar.

PLN Rayon Maros memiliki jumlah pelanggan 79.544 yang tersebar di seluruh Kabupaten Maros. Pelanggan dilayani oleh 11 penyulang yakni Penyulang Airport, Bandara Lama, AURI, Maros, Palisi, Turikale, Tambua, Lempangan, dan Rindam. Penyulang terpanjang di PT PLN (Persero) Rayon Maros adalah penyulang Palisi dengan panjang 148 kms, dan yang terpendek adalah penyulang Airport dengan 54 kms.

Sepanjang tahun 2017, Penyulang Palisi merupakan penyulang yang memiliki jumlah gangguan terbesar di PT PLN (Persero) Rayon Maros. Gangguan yang terjadi disebabkan faktor. Penyebab gangguan pada penyulang tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Penyebab gangguan pada penyulang Palisi

Penyebab gangguan	Jumlah
Tidak Ditemukan	5
Hewan	7
Gangguan Trafo	18
Pohon	9
Bencana Alam	2

PEMBAHASAN

Pembahasan analisis ketidakseimbangan beban meliputi :

a.Perhitungan Persentase Pembebanan

Sebagai contoh analisis pada penyulang Palisi, perhitungan dilakukan pada Gardu GTMPI050. Menghitung persentase beban Trafo pada gardu GTMPI050 yang ada pada penyulang Palisi PT PLN (Persero) dengan data-data :

$$S = 100 \text{ kVA}; I_R = 138 \text{ A}; I_S = 50 \text{ A}; I_T = 31 \text{ A}$$

$$V_{f-f} = 219 \text{ V}; V_{f-f} = 377 \text{ V}$$

Menghitung Pembebanan trafo.

Arus beban penuh trafo dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} I_{FL} &= S / (\sqrt{3} \cdot V_{f-f}) \\ &= 100 / (\sqrt{3} \cdot 377) \\ &= 153.3 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{Rata-rata}} &= (I_R + I_S + I_T)/3 \\ &= (138+50+31)/3 \\ &= 73 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pembebanan trafo} &= (I_{\text{rata-rata}})/(I_{\text{FL}}) \times 100 \% \\ &= 73/(153.3) \times 100 \% \\ &= 47.61 \% \end{aligned}$$

Jadi pembebanan trafo pada gardu GTMPI050 adalah 47.61 %

b. Perhitungan Persentase Ketidakseimbangan

Berikut contoh perhitungan persentase ketidakseimbangan beban pada GTMPI050 yang ada pada penyulang Palisi PT PLN (Persero) Rayon Maros. Persentasi ketidakseimbangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} I_{\text{Rata-rata}} &= (I_R + I_S + I_T)/3 \\ &= (138+50+31)/3 \\ &= 73 \text{ A} \end{aligned}$$

Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besar arus rata-rata. Koefisien a, b , dan c dapat diketahui besarnya yaitu :

Koefisien $a =$

$$\begin{aligned} a &= I_R / I_{\text{Rata-rata}} \\ &= 138 / 73 \\ &= 1.89 \end{aligned}$$

Koefisien $b =$

$$\begin{aligned} b &= I_S / I_{\text{Rata-rata}} \\ &= 50 / 73 \\ &= 0.68 \end{aligned}$$

Koefisien $c =$

$$\begin{aligned} c &= I_T / I_{\text{Rata-rata}} \\ &= 31 / 73 \\ &= 0.42 \end{aligned}$$

Jika dihitung dengan menggunakan aplikasi MATLAB, maka akan diperoleh hasil sebagai berikut:

Untuk nilai koefisien pada MATLAB diperoleh nilai a yaitu 1.8973, koefisien b senilai 0.6833, dan koefisien $c = 0.4193$. Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a , b dan c adalah = 1.

Dengan demikian persentasi ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah : Ketidakseimbangan beban = $(|a - 1| + |b - 1| + |c - 1|)/3 \times 100 \%$

$$\begin{aligned} &= (|1.89 - 1| + |0.68 - 1| + |0.42 - 1|)/3 \times 100 \% \\ &= 38.7 \% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk semua beban pada penyulang Palisi dapat dilihat pada Tabel.2

Tabel 2. Persentase Ketidakseimbangan Penyulang Palisi

NO	TRAFO	ALAMAT	ARUS (amper)					% KETIDAKSEI MBANGAN	
			3 F kV A	R	S	T	N		
1	GT.MPI001	Perum. Bulu Tanae 1	50	46	23	0	28	392	66.67
2	GG.MPI085	Pabrik Air Minum Masale	50	3	33	0	5	425	66.67
3	GT.MPI038	Perum. Spring Mega Country	100	30	6	4	24	374	46.67
4	GT.MPI090	Dr. Henry	100	4	10	2	8	375	41.67
5	GT.MPI061	Pompa Air Zipur	100	50	45	14	12	387	40.98
6	GT.MPI057	Sisispan Billa (SMA 5)	50	58	24	13	47	392	39.30
7	GT.MPI050	Perum. Karango Residence	100	138	49.7	30.5	103	377	38.71
8	GP.MPI023A	PERUM AIRPORT CITY	100	2	9	2	8	380	35.90
9	GP.MPI037A	SISIPAN MANAILING	160	42	44	16	33	385	35.29
10	GP.MPI041	Kassi-kassi	50	63	49	24	28	377	31.37
11	GT.MPI066	Paracatu Samping Kantor Desa	100	89	60	27	29	398	29.60
12	GG.MPI084	Pabrik Air Minum Pangembang	25	18	13	8	13	383	25.64
13	GT.MPI026B	perum. Sabaya buah alam	50	2	13	4	12	396	24.56
14	GT.MPI028	Pamasakkang 1	160	93	103	53	49	395	24.10
15	GT.MPI052	PT. Batatek	100	136	90	62	77	392	23.61
16	GG.MPI088	Pangembang	50	18	18	10	16	384	23.19
17	GT.MPI091	Arrak	25	19	9	8	10	385	22.22
18	GG.MPI098	Bonto Panno	50	40	40	23	17	376	22.01
19	GT.MPI091	Graha Cemerlang Batangase	160	141	65	60	29	390	21.55
20	GP.MPI053B	perum tanarallii permai	100	9.5	7.4	5.2	7	377	19.61
21	GT.MPI094	tala-tala, poros dimma masale	50	9	4	4	8	367	19.61
22	GG.MPI086	Sisispan Lokaya	50	17	33	16	17	382	18.18
23	GG.MPI058A	Papjopoe	50	18	15	11	12	373	16.67
24	GT.MPI054	Pasar Carangki	200	198	164	124	92	395	15.64
25	GT.MPI052C	perum. tanarallii permai	100	0.5	1	1.5	3	375	14.49
26	GT.MPI091	Ciamis Kecamatan Ayam	100	50	96	52	15	375	14.41
27	GP.MPI067	Komp. Zipur 1	200	38	67	38	37	359	13.52
28	GG.MPI005A	jelempocroe	50	25	15	15	20	398	12.12
29	GT.MPI013	Perum. Griva Maros 2 Luar	200	233	118	133	137	387	11.71
30	GT.MPI081	Taman Wisata Pucak	50	18	11	11	6	370	11.67
31	GG.MPI029	Bombong	100	70	84	59	41	397	11.27
32	GM.MPI007	Kostral Kariongo 2	250	409	337	286	68	396	11.24
33	GT.MPI020	Perum. Arius Bandara 2	160	33	47	31	30	383	10.81
34	GP.MPI019B	lembaga	160	103	68	67	35	397	10.36
35	GT.MPI049	Bira-bira depan asrama	160	154	175	129	82	388	10.33
36	GG.MPI076	Baloco Samping Masjid	25	30	21	20	22	404	10.33
37	GG.MPI013	BTS Telkomsel BONTO RAMBA	100	121	121	96	58	375	9.86
38	GT.MPI014	Perum. Mitura Mandai	200	211	202	166	59	394	9.52
39	GT.MPI025	Zewympoce	200	74	88	48	34	375	9.40
40	GG.MPI054	Abbekkae 1	100	35	143	72	102	379	9.07
41	GT.MPI005	Palisi	160	135	191	138	4	386	7.18
42	GG.MPI099	Masulonka	50	45	35	34	25	379	7.02
43	GP.MPI050B	perum. puri carangki	160	0.5	0.9	0.6	2	380	6.67
44	GT.MPI019	Bonto Ramba	250	126	73	87	65	392	5.83
45	GG.MPI011	Griya Buana Tamarampu	100	64	75	62	40	398	4.98
Rata-Rata Ketidakseimbangan (%)								19.86	

b. Rugi-rugi daya pada penghantaran Netral

Sebagai contoh perhitungan, rugi daya pada Gardu GTMPI050 dapat dihitung sebagai berikut :

$$R = 0.0754 \text{ Ohm} \quad (\text{Tahanan penghantar Kabel Netral, data Distribusi PLN Maros 2017}) ;$$

$$I_N = 103 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{Rugi-Rugi}_N &= (103)^2 \cdot (0.0754) \\ &= 799.92 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Rugi daya yang terjadi pada gardu GTMPI050 sebesar 799.92 Watt

Dengan melakukan perhitungan yang sama, maka Rugi-rugi daya pada penghantar netral untuk penyulang Palisi dapat dilihat di Tabel 3.

Tabel 3. Rugi-rugi daya Penyulang Palisi

NO	TRAFO	ALAMAT	3 F kVA	ARUS (amper)			Rugi-Rugi Daya (Watt)	
				R	S	T		
1	GTMPI013	Perum. Griya Maros 2 Luar	200	235	118	133	137	14183.31
2	GTMPI050	Perum. Karango Residence	100	138	49.7	30.5	102	994.95
3	GG.MP054	Abbskdes 1	100	35	143	72	77	447.05
4	GTMPI059	Pasar Carangki	200	198	164	124	92	638.19
5	GTMPI047	Bira-bira depan asrama	160	154	175	129	82	506.99
6	GTMPI052	PT. Biatax	100	136	90	62	77	447.05
7	GM.MP047	Kostrad Karango 2	250	409	337	286	68	348.65
8	GTMPI058	Perum. Rambutan	200	173	73	65	103	515.57
9	GTMPI014	Perum. Bina Mandiri	200	213	203	166	133	547.47
10	GG.MP018	BTS Telkomcel BONTO RAMBA	100	121	121	96	58	255.65
11	GTMPI028	Panaskakang 1	160	93	103	53	49	181.04
12	GTMPI057	Sisipan Billa (SMA 5)	50	58	24	13	47	166.56
13	GG.MP029	Bonbongi	100	70	84	59	41	126.75
14	GG.MP011	Griya Buana Tamarampu	100	64	75	62	40	120.64
15	GTMPI037	Kota Baru Zapur 1	200	86	67	53	37	107.27
16	GP.MP019B	Jembu	160	103	68	47	35	92.37
17	GTMPI037A	sisiyan manjalling	160	42	44	16	33	82.11
18	GTMPI020	Perum. Arus Bandara 2	160	33	47	31	30	67.86
19	GTMPI065	Purnakarya Samping Kantor Desa	100	80	36	27	29	63.41
20	GTMPI007	Graha Cemerlang Batangase	160	141	65	60	29	63.41
21	GTMPI001	Bulu Tanue 1	50	46	23	0	28	59.11
22	GG.MP024	Kebun Sari	50	65	48	34	28	59.11
23	GG.MP099	Masulampa	50	45	35	34	25	47.13
24	GTMPI038	Perum. Spring Mega Country	100	30	6	4	24	43.43
25	GG.MP076	Balocci Samping Masjid	25	30	21	20	22	36.49
26	GG.MP005A	telumpucroe	50	25	15	15	20	30.16
27	GG.MP094	bonato panno	50	40	40	23	17	21.79
28	GG.MP086	Sisipan Lokayka	50	50	33	16	13	21.79
29	GG.MP025	Pabrik Air Minum	50	18	18	10	10	19.37
30	GTMPI062	Cionas Kandang Ayam	100	50	61	52	15	16.97
31	GTMPI025	Showroom Mobil Makkareng	200	74	88	65	14	14.78
32	GG.MP088	Pabrik Air Minum Pangembang	25	18	13	8	13	12.74
33	GTMPI061	Pompa Air Zipur	100	50	45	14	12	10.86
34	GTMPI026B	perum cahaya bumi alam	50	2	13	4	12	10.86
35	GG.MP058A	Papiojoe.	50	18	15	11	11	10.86
36	GTMPI025	Alam Indah	50	19	9	6	10	10.5
37	GTMPI090	Dr. Henry	100	41	10	2	8	4.83
38	GP.MP023A	perum airport city	100	2	9	2	8	4.83
39	GTMPI048B	tala-tala, poros damna masale	50	9	4	4	8	4.83
40	GP.MP053B	perum tanralili permai	100	9.5	7.4	5.2	7	3.69
41	GTMPI081	Taman Wisata Puak	50	18	11	11	6	2.71
42	GG.MP085	Pabrik Air Minum Masale	100	143	193	128	41	2.11
43	GG.MP055	Palisi	100	0.4	3	1.2	1	0.68
44	GG.MP053C	pesona tanralili permai	100	0.5	0.9	0.6	2	0.30
45	GP.MP050B	perum puri carangki	160	0.5	0.9	0.6	2	0.30

c. Solusi Ketidakseimbangan Beban

Sebagai contoh upaya yang dapat dilakukan untuk pemerataan beban pada gardu GTMPI050 yang ada pada penyulang Palisi dengan data arus beban pada setiap, yaitu arus fasa R = 138 A, fasa S = 50 A, dan fasa T = 31 A. Maka total arus pada gardu GTMPI050 adalah 219 A.

Untuk mengurangi ketidakseimbangan beban perlu dilakukan pemerataan beban dengan cara memindahkan arus dari Fasa R sebesar 138 yaitu satu ke fasa S sebesar 23 A dan satunya lagi ke fasa T sebesar 42 A, sehingga Arus yang terpasang pada setiap fasa menjadi fasa R = 73 A, fasa S = 73 A, dan fasa T = 73 A. Dengan demikian pembagian beban di gardu GTMPI050 sudah merata.

Dengan cara yang sama, upaya pemerataan beban untuk gardu yang lain pada penyulang Palisi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pemerataan Beban Penyulang Palisi

NO	TRAFO	3 F kVA	ARUS (amper) Sebelum Pemerataan Beban				TEGANGAN (volt)	ARUS (amper) Setelah Pemerataan Beban
			R	S	T	N	PHB F-N	PHB F-F
1	GTMPI001	50	46	23	0	28	226	392
2	GP.MP085	200	3	35	0	2	215	425
3	GTMPI038	100	30	6	4	24	211	377
4	GTMPI001	50	63	49	24	28	211	377
5	GTMPI061	100	50	45	14	12	214	387
6	GTMPI057	50	58	24	13	47	229	392
7	GTMPI050	100	138	50	31	103	219	377
8	GP.MP023A	100	2	9	2	8	221	380
9	GP.MP037A	160	42	44	16	33	220	385
10	GP.MP101	50	63	49	24	28	211	377
11	GTMPI066	100	80	36	27	29	220	398
12	GG.MP084	25	18	13	8	13	221	383
13	GTMPI038	50	2	1	4	1	219	375
14	GTMPI038	160	93	103	53	49	220	395
15	GTMPI052	100	136	90	62	77	228	392
16	GG.MP088	50	18	18	10	16	218	384
17	GTMPI091	25	19	9	8	10	219	385
18	GG.MP098	50	40	40	23	17	218	376
19	GTMPI007	160	141	65	60	29	229	390
20	GP.MP053B	100	9.5	7.4	5.2	7	230	377
21	GTMPI094	50	9	4	4	8	214	367
22	GG.MP086	50	17	33	16	17	219	382
23	GG.MP058A	50	18	15	11	9	227	373
24	GG.MP086	200	168	164	124	92	217	395
25	GP.MP053C	100	0.1	0.1	0.1	0.3	221	375
26	GT.MP062	100	50	96	52	15	217	375
27	GP.MP067	200	38	67	38	37	209	359
28	GG.MP050A	50	25	15	15	20	229	398
29	GTMPI013	200	233	115	133	137	221	387
30	GTMPI081	50	18	11	11	6	216	370
31	GG.MP029	100	70	84	59	41	229	397
32	GM.MP047	250	409	337	286	68	217	399
33	GTMPI020	160	33	47	31	30	223	383
34	GP.MP019B	160	103	68	67	35	227	397
35	GTMPI045	160	154	170	129	82	225	388
36	GG.MP076	2.5	2.5	2.1	2.1	2.2	223	400
37	GG.MP091	100	121	121	96	58	215	375
38	GTMPI014	200	123	202	166	59	226	394
39	GTMPI025	200	74	88	65	14	380	375
40	GG.MP054	100	35	143	72	102	221	379
41	GG.MP005	160	135	191	138	4	231	388
42	GG.MP099	50	45	35	34	25	219	379
43	GG.MP050B	160	0.5	0.9	0.6	2	221	380
44	GTMPI019	250	126	73	87	65	224	392
45	GG.MP011	100	64	75	62	40	219	398

Tabel 4. Hasil Pemerataan Beban

PENUTUP

Pembebanan trafo rata-rata pada Penyulang Palisi sebesar 33.81% dan masih di bawah standar pembebanan trafo yaitu 80%, persentase ketidakseimbangan rata-rata pada Penyulang Palisi sebesar 19.86 % dan harus segera dilakukan pemerataan beban agar tidak terjadi rugi-rugi daya dan total rugi-rugi daya yang trjadi pada penyulang Palisi sebesar 17843,18 Watt.

Mengurangi ketidakseimbangan beban yang terjadi pada penyulang Palisi di PT PLN (Persero) Rayon Maros dengan melakukan pengalihan beban dari fasa R-S, S-T atau T-R.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hutajulu, C.A. (2016). *Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Rugi Daya Saluran Netral Pada Jaringan Distribusi Di PT Pln (Persero) Rayon Rivai Palembang Menggunakan Software Etap 12.6.0*. Skripsi Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [2] Priangga, I.H.M. (2016). *Analisa Ketidakseimbangan Beban Terhadap Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Dan Transformator Distribusi 20 kV (Studi Kasus Pada Penyulang Badai di Gardu Induk Teluk Betung)*. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Lampung Bandar Lampung.

- [3] Saputro, A.E.Y (2018). *Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi Di PT. PLN (Persero) Rayon Palur Karanganyar.* Skripsi Jurusan Elektro Universitas Muhammadyah Malang.
- [4] Sari, G.A.K (2018). *Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi Studi Kasus Pada PT. PLN (Persero) Rayon Blora.* Skripsi Jurusan Elektro Universitas Muhammadyah Malang
- [5] Setiadji,J.S., Machmudsyah, T. & Isnanto, Y.(2006). *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi.* Jurnal Teknik Elektro, 6(1), 68 – 73.
- [6] Simamora,Y. & Tobing, P.S..M.L. Tobing (2014). *Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Untuk Identifikasi Beban Lebih Dan Estimasi Rugi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Rendah.* Singuda Ensikom, 7(3), 137-142.