

**ANALISIS RUGI-RUGI DAYA AKIBAT KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20 KV/380 V DI PENYULANG DPR KOTA**

**ANALYSIS OF POWER LOSSES DUE TO LOAD IMBALANCE IN THE 20 KV/380 V DISTRIBUTION TRANSFORMER IN THE FEEDER DPR KOTA**

**Aris Sampe**

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Cenderawasih, Jayapura

\* [arissampe@yahoo.co.id](mailto:arissampe@yahoo.co.id)

---

**Article History:**

Received: 22 Oktober 2022

Revised: 30 November 2022

Accepted: 22 Desember 2022

**Keywords:** Power Losses,  
Load Unbalance, Distribution  
Transformer

**Abstract:** *The secondary distribution system is used to distribute electricity from the distribution substation to the loads on consumers. One of the caused of reduced distribution transformer work is the presence of currents in the neutral conductor which causes conductor losses caused by load imbalance in the low voltage distribution network in Jayapura. The research methodology applied is by collecting current data, transformer data, single line image data obtained from PT. PLN (Persero) Abepura District. The results of the calculation analysis show that the losses on the LWBP range from 0.001 KW – 48.10 KW and the WBP losses on the neutral conductor range from 0.01 KW – 18.81 KW. The largest percentage of load imbalance outside peak load times was at the ABE 322 transformer substation of 33.33 % and the lowest was at the ABE 347 – K transformer substation of 1.34 %. While the percentage of unbalanced load at peak load times is greatest at ABE 263-1 transformer substations of 33.98 % and the lowest at ABE 007-1 transformer substations of 1.89 %.*

---

**Abstrak**

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Salah satu yang menyebabkan kerja transformator distribusi berkurang adalah adanya arus pada penghantar netral yang menyebabkan adanya rugi-rugi penghantar yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan beban pada jaringan distribusi tegangan rendah di Jayapura. Metodologi penelitian yang diterapkan dengan cara melakukan pengambilan data arus, data trafo, data gambar single line yang diperoleh dari PT. PLN (PERSERO) Rayon Abepura.

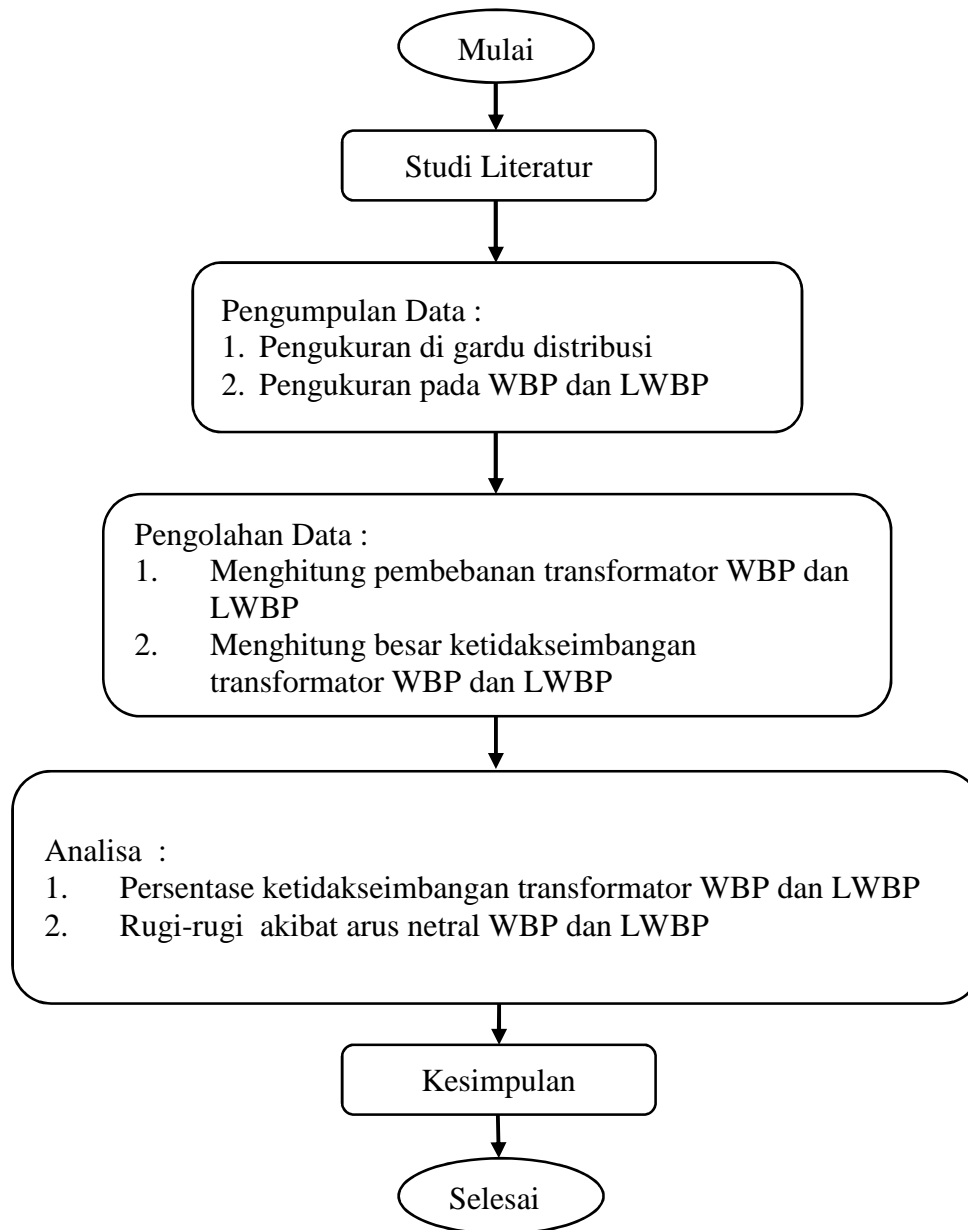
Hasil analisis perhitungan menunjukkan bahwa besarnya rugi-rugi pada LWBP berkisar antara 0,001 KW – 48,10 KW dan WBP rugi-rugi pada penghantar netral berkisar antara 0,01 KW – 18,81 KW. Presentase ketidakseimbangan beban pada Luar Waktu Beban Puncak terbesar pada gardu trafo ABE322 sebesar 33,33 % dan terendah pada gardu trafo ABE347-K sebesar 1,34 %. Sedangkan presentase ketidakseimbangan beban pada Waktu Beban Puncak terbesar pada gardu

trafo ABE263-1 sebesar 33,98 % dan terendah pada gardu trafo ABE007-1 sebesar 1,89 %.

**Kata Kunci:** Ketidakseimbangan Beban, Susut Daya, Penyeimbangan Beban

## PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan di kota Jayapura sudah semakin pesat sehingga terjadi peningkatan konsumen yang membutuhkan ketersediaan listrik. PT.PLN (Persero) merupakan perusahaan listrik terbesar di Indonesia yang bergerak di bidang pendistribusian dan berusaha mensuplay energi listrik dengan seoptimal mungkin seiring dengan peningkatan konsumen. Namun dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, selain permasalahan pada distribusi listrik yang belum merata ternyata kita dihadapkan pula dengan buruknya kualitas listrik. Kualitas listrik yang buruk akan mengganggu produktivitas dan aktivitas kerja di Industri. Hal ini menuntut PLN agar dapat menyediakan tenaga listrik dengan mutu dan penyaluran yang baik. Penyediaan listrik yang stabil (*kontinyu*) merupakan syarat mutlak yang harus di penuhi dalam memenuhi kebutuhan listrik. Sebelum sampai ke konsumen, tegangan yang berasal dari pembangkit akan diatur dan disalurkan menggunakan tansformator distribusi dengan menggunakan sistem distribusi tegangan rendah. Bertambahnya jumlah penduduk di Jayapura meningkatkan jumlah pelanggan baru yang mengakibatkan transformator distribusi bekerja kurang optimal. Salah satu yang menyebabkan kerja transformator distribusi berkurang adalah adanya arus pada penghantar netral yang menyebabkan adanya rugi-rugi penghantar dan rugi-rugi akibat arus netral yang mengalir ke tanah yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan beban pada jaringan distribusi tegangan rendah di Jayapura. Ketidakseimbangan tersebut jika dibiarkan dapat juga merusak transformator.

**METODE PENELITIAN**

**HASIL DAN PEMBAHASAN****a. Data Kondisi Pada Penyulang DPR Kota**

NO	KODE GARDU NO TRAFU	LOKASI	DAYA (kVA)	I-NOM (A)	FASE	MERK
1	ABE 294-1	DPN SMP MUHAMMADIYAH	160	231	3	BBD
2	ABE 007-1	PASAR KAMKEY	315	455	3	TFI
3	ABE 322	PERUM KALI ACAI	200	289	3	TFI
4	ABE242-1	SISIPAN DEPAN PLN UP3	250	361	3	SCH
5	ABE156	KANTOR PLN UP3 JAYAPURA	160	231	3	BBD
6	ABE286-K	HOTEL CITYHUB	250	361	3	XX
7	ABE008-1	JL. BARU DEPAN MULTI	315	455	3	TFI
8	ABE089-1	KTR BKN, JLN BARU	200	289	3	UND
9	ABE151-K	PENGADILAN TINGGI AGAMA	50	72	3	XX
10	ABE249-1	DPN RUKO JL. BARU	100	144	3	BBD
11	ABE374-K	SOMEL ABEPANTAI	400	577	3	STL
12	ABE092-1	DPN JLN BARU	100	144	3	TFI
13	ABE088-K	DPR KOTA	200	289	3	XX
14	ABE154-K	RAMAYANA MALL	1250	1804	3	XX
15	ABE082-1	SAMPING DPR KOTA	315	455	3	UND
16	ABE228-K	LABORATORIUM PU 2	100	144	3	XX
17	ABE148-K	TELKOMSEL JLN BARU	400	577	3	XX

18	ABE143-K	KTR PENGUJIAN DPU	100	144	3	XX
19	ABE116-1	PERUM PERTAMINA KOTARAJA	200	289	3	TFI
20	ABE199	SISIPAN BTN SKYLAND	100	144	3	XX
21	ABE130-1	BTN SKYLINE KOTARAJA	160	231	3	BBD
22	ABE011-1	BTN KOTARAJA	400	577	3	TFI
23	ABE297-1	BATU TELLA PS. YOTEFA	100	144	3	TFI
24	ABE271-K	PERUM BLK BANK PAPUA	25	36	3	XX
25	ABE207-1	JL. KALI ACAI	200	289	3	VOL
26	ABE336	SISIPAN GEREJA MARAMPA	100	144	3	BBD
27	ABE318	SISIPAN JL. BARU ABE09	200	289	3	BBD
28	ABE009-1	DPN SMK 5	250	361	3	SINTRA
29	ABE162-K	HJ. ARIFIN	100	144	3	XX
30	ABE229-1	DPN HOTEL BUNGA YOTEFA	250	361	3	BBD
31	ABE230-K	HOTEL BUNGA YOTEFA	50	72	3	XX
32	ABE237-1	SMP GOR WIGUNA KALIACAI	200	289	3	UND
33	ABE263-1	SISIPAN GOR WIGUNA	160	231	3	BBD
34	ABE010-1	PASAR YOTEFA	400	577	3	TFI

**b. Data pengukuran pada Penyulang DPR Kota pada Waktu Luar Beban Puncak (LWBP)**

NO	KODE GARDU- NO TRAFO	Arus			
		$I_R$	$I_S$	$I_T$	$I_N$
1	ABE 294-1	80	102	150	59
2	ABE 007-1	243	304	251	113
3	ABE 322	3	7	8	2
4	ABE242-1	222	219	176	78
5	ABE156	90	116	170	40
6	ABE286-K	150	256	214	57
7	ABE008-1	295	222	311	78
8	ABE089-1	109	110	116	55
9	ABE151-K	20	32	19	21
10	ABE249-1	32	52	35	14
11	ABE374-K	321	309	314	66
12	ABE092-1	132	89	92	62
13	ABE088-K	105	153	123	43
14	ABE154-K	600	535	645	121
15	ABE082-1	350	274	297	54
16	ABE228-K	9	17	17	12
17	ABE148-K	347	377	280	77
18	ABE143-K	87	110	95	32
19	ABE116-1	116	101	124	35
20	ABE199	110	98	94	20
21	ABE130-1	76	104	122	42
22	ABE011-1	305	345	303	66
23	ABE297-1	89	111	73	44
24	ABE271-K	15	19	17	12
25	ABE207-1	177	191	241	88
26	ABE336	50	94	68	32
27	ABE318	130	158	114	53
28	ABE009-1	195	155	165	64
29	ABE162-K	35	54	37	20
30	ABE229-1	134	265	215	121
31	ABE230-K	31	19	25	19
32	ABE237-1	120	102	148	40
33	ABE263-1	182	123	72	95
34	ABE010-1	291	213	423	291

## c. Data pengukuran pada penyulang DPR Kota pada Waktu Beban Puncak WBP)

NO	KODE GARDU- NO TRAF0	Arus			
		I <sub>R</sub>	I <sub>S</sub>	I <sub>T</sub>	I <sub>N</sub>
1	ABE 294-1	110	142	127	51
2	ABE 007-1	318	325	308	182
3	ABE 322	5	11	13	5
4	ABE242-1	263	272	210	116
5	ABE156	150	200	215	55
6	ABE286-K	255	273	263	114
7	ABE008-1	333	236	302	104
8	ABE089-1	31	13	19	10
9	ABE151-K	34	55	27	25
10	ABE249-1	40	55	33	27
11	ABE374-K	375	323	354	76
12	ABE092-1	111	118	94	55
13	ABE088-K	200	231	221	59
14	ABE154-K	732	655	701	110
15	ABE082-1	255	285	384	148
16	ABE228-K	15	25	30	14
17	ABE148-K	51	57	56	18
18	ABE143-K	100	132	120	39
19	ABE116-1	170	135	163	51
20	ABE199	93	43	55	50
21	ABE130-1	115	184	142	79
22	ABE011-1	425	401	378	118
23	ABE297-1	97	121	100	51
24	ABE271-K	20	23	25	11
25	ABE207-1	247	262	274	88
26	ABE336	76	129	100	64
27	ABE318	150	171	189	44
28	ABE009-1	176	140	180	103
29	ABE162-K	50	62	44	17
30	ABE229-1	164	182	212	93
31	ABE230-K	53	37	39	28
32	ABE237-1	280	166	214	54
33	ABE263-1	313	186	123	173
34	ABE010-1	171	181	219	171

d. **Penghantar Kawat NA2XSEYBY (Cu)**

Penghantar		Tahanan maks pada DC temp 20°C	Tahanan pada AC temp 90°C	saat operasi		Maks kapasit as arus temp 30°C		Arus hub singkat selama 1 detik	Teg nom. prcbn
Luas pnmprg	Cu /Al			Indukt ansi (L)	Kapa sitansi (C)	dml tanah	di udara		
mm <sup>2</sup>		Ohm/km	Ohm/km	mH/k m	mF/k m	Amp	Amp	kA	kV/5 min
35	CU	0,524	0,668	0,52	0,131	164	173	5,01	30
	Al	0,868	1,113	0,52	0,131	127	139	3,29	30
50	Cu	0,387	0,494	0,497	0,143	194	206	7,15	30
	Al	0,641	0,822	0,497	0,143	148	161	4,7	30
70	Cu	0,268	0,342	0,467	0,162	236	257	10,01	30
	Al	0,443	0,568	0,467	0,162	179	204	6,58	30
95	Cu	0,193	0,247	0,445	0,18	283	313	13,59	30
	Al	0,32	0,411	0,445	0,18	214	242	8,93	30
120	Cu	0,153	0,196	0,43	0,195	322	360	17,16	30
	Al	0,253	0,325	0,43	0,195	246	292	11,28	30
150	Cu	0,124	0,159	0,414	0,213	362	410	21,45	30
	Al	0,206	0,265	0,414	0,213	264	313	14,1	30
185	Cu	0,0991	0,128	0,404	0,227	409	469	26,46	30
	Al	0,164	0,211	0,404	0,227	308	365	17,39	30
240	Cu	0,0754	0,098	0,382	0,263	474	553	34,32	30
	Al	0,125	0,162	0,382	0,273	358	425	22,56	30
300	Cu	0,0601	0,079	0,376	0,276	533	629	42,9	30
	Al	0,1	0,13	0,376	0,276	398	481	28,2	30

Sumber : SPLN No. 64 Tahun 1985 dan IEC. 502

e. **Hasil Analisa Pembebanan Trafo**

Perhitungan ini mengambil contoh pada Gardu ABE294-1 LWBP

S = 160 kVA = 160.000 VA

V = 400 V

Arus beban penuh dapat menggunakan rumus :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{160000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 230,94 \text{ Ampere}$$

Perhitungan arus total pembebanan trafo :

$$\begin{aligned} I_{rata} &= \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \\ &= \frac{80 + 102 + 150}{3} \\ &= 110,67 \text{ Ampere} \end{aligned}$$



Persentase pembebanan trafo adalah :

$$\frac{\text{Irata}}{\text{IFL}} = \frac{110,67}{230,9401} \times 100\% = 47,92\%$$

Hasil keseluruhan bisa dilihat pada tabel 1 dan 2

**Tabel 1 Hasil Perhitungan Pembebanan Trafo Pada LWBP**

NO	KODE GARDU-NO TRAFO	DAYA (VA)	Ir	Is	IT	IRATA (A)	IFL	PEMBEBANAN TRAFO
1	ABE 294-1	160000	80	102	150	110,67	230,94	47,92
2	ABE 007-1	315000	243	304	251	266	454,66	58,5
3	ABE 322	200000	3	7	8	6	288,68	2,08
4	ABE242-1	250000	222	219	176	205,67	360,84	57
5	ABE156	160000	90	116	170	125,33	230,94	54,27
6	ABE286-K	250000	150	256	214	206,67	360,84	57,27
7	ABE008-1	315000	295	222	311	276	454,66	60,7
8	ABE089-1	200000	109	110	116	111,67	288,68	38,68
9	ABE151-K	50000	20	32	19	23,67	72,17	32,79
10	ABE249-1	100000	32	52	35	39,67	144,34	27,48
11	ABE374-K	400000	321	309	314	314,67	577,35	54,5
12	ABE092-1	100000	132	89	92	104,33	144,34	72,28
13	ABE088-K	200000	105	153	123	127	288,68	43,99
14	ABE154-K	1250000	600	535	645	593,33	1804,22	32,89
15	ABE082-1	315000	350	274	297	307	454,66	67,52
16	ABE228-K	100000	9	17	17	14,33	144,34	9,93
17	ABE148-K	400000	347	377	280	334,67	577,35	57,97
18	ABE143-K	100000	87	110	95	97,33	144,34	67,43
19	ABE116-1	200000	116	101	124	113,67	288,68	39,38
20	ABE199	100000	110	98	94	100,67	144,34	69,74
21	ABE130-1	160000	76	104	122	100,67	230,94	43,59
22	ABE011-1	400000	305	345	303	317,67	577,35	55,02
23	ABE297-1	100000	89	111	73	91	144,34	63,05
24	ABE271-K	25000	15	19	17	17	36,08	47,11
25	ABE207-1	200000	177	191	241	203	288,68	70,32
26	ABE336	100000	50	94	68	70,67	144,34	48,96
27	ABE318	200000	130	158	114	134	288,68	46,42
28	ABE009-1	250000	195	155	165	171,67	360,84	47,57
29	ABE162-K	100000	35	54	37	42	144,34	29,1
30	ABE229-1	250000	134	265	215	204,67	360,84	56,72
31	ABE230-K	50000	31	19	25	25	72,17	34,64
32	ABE237-1	200000	120	102	148	123,33	288,68	42,72
33	ABE263-1	160000	182	123	72	125,67	230,94	54,42
34	ABE010-1	400000	291	213	423	309	577,35	53,52

Berdasarkan dari hasil perhitungan pembebanan trafo waktu Luar Beban Puncak (LWBP) pada tabel 1 dimana presentase pembebanan trafo tertinggi pada gardu trafo ABE092-1 sebanyak 72,28 % dan pembebanan terendah terjadi pada gardu trafo ABE322 sebesar 2,08 %. Jadi presentase pembebanan trafo pada penyulang DPR Kota berkisar dari 2,08 % - 72,28 %.

**Tabel 2 Hasil Perhitungan Pembebanan Trafo Pada WBP**

N O	KODE GARDU NO TRAFO	DAYA (VA)	I <sub>R</sub> (A)	I <sub>S</sub> (A)	I <sub>T</sub> (A)	I <sub>rata</sub> (A)	IFL (A)	PEMBEBANAN TRAFO (%)
1	ABE 294-1	160000	110	142	127	126,33	230,94	54,70
2	ABE 007-1	315000	318	325	308	317,00	454,66	69,72
3	ABE 322	200000	5	11	13	9,67	288,68	3,35
4	ABE242-1	250000	263	272	210	248,33	360,84	68,82
5	ABE156	160000	150	200	215	188,33	230,94	81,55
6	ABE286-K	250000	255	273	263	263,67	360,84	73,07
7	ABE008-1	315000	333	236	302	290,33	454,66	63,86
8	ABE089-1	200000	31	13	19	21,00	288,68	7,27
9	ABE151-K	50000	34	55	27	38,67	72,17	53,58
10	ABE249-1	100000	40	55	33	42,67	144,34	29,56
11	ABE374-K	400000	375	323	354	350,67	577,35	60,74
12	ABE092-1	100000	111	118	94	107,67	144,34	74,59
13	ABE088-K	200000	200	231	221	217,33	288,68	75,29
14	ABE154-K	1250000	732	655	701	696,00	1804,22	38,58
15	ABE082-1	315000	255	285	384	308,00	454,66	67,74
16	ABE228-K	100000	15	25	30	23,33	144,34	16,17
17	ABE148-K	400000	51	57	56	54,67	577,35	9,47
18	ABE143-K	100000	100	132	120	117,33	144,34	81,29
19	ABE116-1	200000	170	135	163	156,00	288,68	54,04
20	ABE199	100000	93	43	55	63,67	144,34	44,11
21	ABE130-1	160000	115	184	142	147,00	230,94	63,65
22	ABE011-1	400000	425	401	378	401,33	577,35	69,51
23	ABE297-1	100000	97	121	100	106,00	144,34	73,44
24	ABE271-K	25000	20	23	25	22,67	36,08	62,82
25	ABE207-1	200000	247	262	274	261,00	288,68	90,41
26	ABE336	100000	76	129	100	101,67	144,34	70,44
27	ABE318	200000	150	171	189	170,00	288,68	58,89
28	ABE009-1	250000	176	140	180	165,33	360,84	45,82
29	ABE162-K	100000	50	62	44	52,00	144,34	36,03
30	ABE229-1	250000	164	182	212	186,00	360,84	51,55
31	ABE230-K	50000	53	37	39	43,00	72,17	59,58

32	ABE237-1	200000	280	166	214	220,00	288,68	76,21
33	ABE263-1	160000	313	186	123	207,33	230,94	89,78
34	ABE010-1	400000	171	181	219	190,33	577,35	32,97

Pada Tabel 2 dari hasil perhitungan presentase pembebanan trafo pada waktu beban puncak (WBP) berdasarkan data yang ada didapatkan maka presentase tertinggi pembebanan trafo terjadi pada gardu trafo ABE207-1 sebesar 90,41 % dan presentase pembebanan trafo terendah terjadi pada gardu trafo ABE322 sebesar 3,35 %. Jadi pada pembebanan trafo pada waktu beban puncak berkisar dari 3,35 % - 90,41%. Sesuai dengan peraturan manajemen trafo distribusi pembebanan trafo maksimum sebesar 80 % dari arus beban penuh fungsinya yaitu untuk menghindari kerugian yang besar dan pemanasan pada trafo distribusi. Namun pada waktu beban puncak ada beberapa trafo yang melebihi batas pembebanan antara lain pada gardu trafo ABE156, gardu trafo ABE143, gardu trafo ABE207 dan gardu trafo ABE263.

#### f. Analisa Ketidakseimbangan Beban

Analisa perhitungan ketidakseimbangan beban pada trafo dilakukan dengan menghitung koefisien a, b, dan c. Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan (I) sama dengan besarnya arus rata-rata ( $I_{rata}$ ). Perhitungan ini mengambil contoh pada pengukuran Gardu LWBP ABE 294-1.

$$I_{Rata} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{80+102+150}{3} = 110,67 \text{ Ampere}$$

$$I_R = a \times I \text{ maka : } a = \frac{IR}{I_{rata}} = \frac{80}{110,6667} = 0,72 \text{ Ampere}$$

$$I_S = b \times I \text{ maka : } b = \frac{IS}{I_{rata}} = \frac{102}{110,6667} = 0,92 \text{ Ampere}$$

$$I_T = c \times I \text{ maka : } c = \frac{IT}{I_{rata}} = \frac{150}{110,6667} = 1,36 \text{ Ampere}$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian, rata-rata pembebanan tidak seimbang (dalam %) adalah:

$$\begin{aligned} &= \frac{\{|a-1| + |b-1| + |c-1|\}}{3} \times 100\% \\ &= \frac{\{|0,7229-1| + |0,9217-1| + |1,3554-1|\}}{3} \times 100\% \\ &= \frac{\{|0,2771| + |0,0783| + |0,3554|\}}{3} \times 100\% \\ &= 23,69 \% \end{aligned}$$

Hasil keseluruhan dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini:

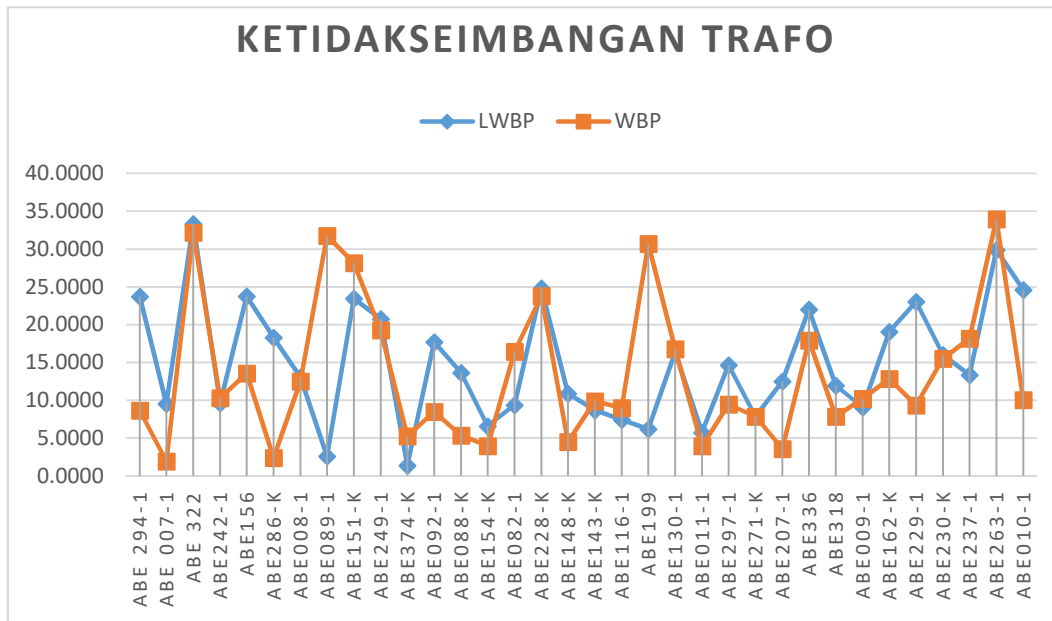
**Tabel 3 Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Beban Pada LWBP**

KODE GARDU- NO TRAFO	ARUS (A)			IRATA (A)	KOEFSIEN			RATA-RATA KETIDAKSEIMBANG AN BEBAN (%)
	R	S	T		a	b	c	
ABE 294-1	80	102	150	110,67	0,72	0,92	1,36	23,69
ABE 007-1	243	304	251	266,00	0,91	1,14	0,94	9,52
ABE 322	3	7	8	6,00	0,50	1,17	1,33	33,33
ABE242-1	222	219	176	205,67	1,08	1,06	0,86	9,62
ABE156	90	116	170	125,33	0,72	0,93	1,36	23,76
ABE286-K	150	256	214	206,67	0,73	1,24	1,04	18,28
ABE008-1	295	222	311	276,00	1,07	0,80	1,13	13,04
ABE089-1	109	110	116	111,67	0,98	0,99	1,04	2,59
ABE151-K	20	32	19	23,67	0,85	1,35	0,80	23,47
ABE249-1	32	52	35	39,67	0,81	1,31	0,88	20,73
ABE347-K	321	309	314	314,67	1,02	0,98	1,00	1,34
ABE092-1	132	89	92	104,33	1,27	0,85	0,88	17,68
ABE088-K	105	153	123	127,00	0,83	1,20	0,97	13,65
ABE154-K	600	535	645	593,33	1,01	0,90	1,09	6,55
ABE082-1	350	274	297	307,00	1,14	0,89	0,97	9,34
ABE228-K	9	17	17	14,33	0,63	1,19	1,19	24,81
ABE148-K	347	377	280	334,67	1,04	1,13	0,84	10,89
ABE143-K	87	110	95	97,33	0,89	1,13	0,98	8,68
ABE116-1	116	101	124	113,67	1,02	0,89	1,09	7,43
ABE199	110	98	94	100,67	1,09	0,97	0,93	6,18
ABE130-1	76	104	122	100,67	0,75	1,03	1,21	16,34
ABE011-1	305	345	303	317,67	0,96	1,09	0,95	5,74
ABE297-1	89	111	73	91,00	0,98	1,22	0,80	14,65
ABE271-K	15	19	17	17,00	0,88	1,12	1,00	7,84
ABE207-1	177	191	241	203,00	0,87	0,94	1,19	12,48
ABE336	50	94	68	70,67	0,71	1,33	0,96	22,01
ABE318	130	158	114	134,00	0,97	1,18	0,85	11,94
ABE009-1	195	155	165	171,67	1,14	0,90	0,96	9,06
ABE162-K	35	54	37	42,00	0,83	1,29	0,88	19,05
ABE229-1	134	265	215	204,67	0,65	1,29	1,05	23,02
ABE230-K	31	19	25	25,00	1,24	0,76	1,00	16,00
ABE237-1	120	102	148	123,33	0,97	0,83	1,20	13,33
ABE263-1	182	123	72	125,67	1,45	0,98	0,57	29,89
ABE010-1	291	213	423	309,00	0,94	0,69	1,37	24,60

**Tabel 4 Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Beban Pada WBP**

KODE GARDU- NO TRAFO	ARUS (A)			IRAT A (A)	KOEFSIEN			RATA-RATA KETIDAKSEIMBANG AN BEBAN (%)
	R	S	T		a	b	c	
ABE 294-1	110	142	127	126,33	0,87	1,12	1,01	8,62
ABE 007-1	318	325	308	317,00	1,00	1,03	0,97	1,89
ABE 322	5	11	13	9,67	0,52	1,14	1,34	32,18
ABE242-1	263	272	210	248,33	1,06	1,10	0,85	10,29
ABE156	150	200	215	188,33	0,80	1,06	1,14	13,57
ABE286-K	255	273	263	263,67	0,97	1,04	1,00	2,36
ABE008-1	333	236	302	290,33	1,15	0,81	1,04	12,48
ABE089-1	31	13	19	21,00	1,48	0,62	0,90	31,75
ABE151-K	34	55	27	38,67	0,88	1,42	0,70	28,16
ABE249-1	40	55	33	42,67	0,94	1,29	0,77	19,27
ABE374-K	375	323	354	350,67	1,07	0,92	1,01	5,26
ABE092-1	111	118	94	107,67	1,03	1,10	0,87	8,46
ABE088-K	200	231	221	217,33	0,92	1,06	1,02	5,32
ABE154-K	732	655	701	696,00	1,05	0,94	1,01	3,93
ABE082-1	255	285	384	308,00	0,83	0,93	1,25	16,45
ABE228-K	15	25	30	23,33	0,64	1,07	1,29	23,81
ABE148-K	51	57	56	54,67	0,93	1,04	1,02	4,47
ABE143-K	100	132	120	117,33	0,85	1,13	1,02	9,85
ABE116-1	170	135	163	156,00	1,09	0,87	1,04	8,97
ABE199	93	43	55	63,67	1,46	0,68	0,86	30,72
ABE130-1	115	184	142	147,00	0,78	1,25	0,97	16,78
ABE011-1	425	401	378	401,33	1,06	1,00	0,94	3,93
ABE297-1	97	121	100	106,00	0,92	1,14	0,94	9,43
ABE271-K	20	23	25	22,67	0,88	1,01	1,10	7,84
ABE207-1	247	262	274	261,00	0,95	1,00	1,05	3,58
ABE336	76	129	100	101,67	0,75	1,27	0,98	17,92
ABE318	150	171	189	170,00	0,88	1,01	1,11	7,84
ABE009-1	176	140	180	165,33	1,06	0,85	1,09	10,22
ABE162-K	50	62	44	52,00	0,96	1,19	0,85	12,82
ABE229-1	164	182	212	186,00	0,88	0,98	1,14	9,32
ABE230-K	53	37	39	43,00	1,23	0,86	0,91	15,50
ABE237-1	280	166	214	220,00	1,27	0,75	0,97	18,18
ABE263-1	313	186	123	207,33	1,51	0,90	0,59	33,98

ABE010-1	171	181	219	190,33	0,90	0,95	1,15	10,04
----------	-----	-----	-----	--------	------	------	------	-------



Gambar 1 Grafik Persentase Ketidakseimbangan Trafo

**g. Analisa rugi-rugi Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Trafo**

Rugi-rugi yang diakibatkan arus netral yang mengalir pada penghantar netral trafo dapat di hitung. Untuk penghantar netral trafo menggunakan kabel N2XSEKBY 70 mm<sup>2</sup> dengan R =0,568 . Perhitungan ini mengambil contoh pada pengukuran Gardu LWBP ABE 294-1. Perhitungan ini berlaku untuk jarak 1 km:

$$\begin{aligned}
 P_N &= I_N^2 \times R_N \\
 &= (59^2) \times 0,568 \\
 &= 1977,21 \text{ Watt} = 1,98 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Dimana daya aktif trafo (P) dihitung menggunakan konstanta  $\cos \varphi = 0,85$

$$\begin{aligned}
 P &= S \times \cos \varphi \\
 &= 160 \times 0,85 \\
 &= 136 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Sehingga presentase rugi-rugi akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah:

$$\begin{aligned}
 \%P &= \frac{P_n}{P} \times 100\% \\
 &= \frac{1,615184}{136} \times 100\% \\
 &= 1,45 \%
 \end{aligned}$$

Hasil keseluruhan dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6 berikut :

**Tabel 5 Hasil Perhitungan rugi-rugi daya pada penghantar netral trafo (LWBP)**

NO	KODE GARDU-NO TRAFU	IN	PN (W)	PN (KW)	P (KW)	%PN
1	ABE 294-1	59	1977,21	1,98	136	1,45
2	ABE 007-1	113	7252,79	7,25	267,75	2,71
3	ABE 322	6	20,45	0,02	170	0,01
4	ABE242-1	5	14,2	0,01	212,5	0,01
5	ABE156	40	908,8	0,91	136	0,67
6	ABE286-K	57	1845,43	1,85	212,5	0,87
7	ABE008-1	78	3455,71	3,46	267,75	1,29
8	ABE089-1	55	1718,2	1,72	170	1,01
9	ABE151-K	21	250,49	0,25	42,5	0,59
10	ABE249-1	14	111,33	0,11	85	0,13
11	ABE374-K	66	2474,21	2,47	340	0,73
12	ABE092-1	62	2183,39	2,18	85	2,57
13	ABE088-K	43	1050,23	1,05	170	0,62
14	ABE154-K	121	8316,09	8,32	1062,5	0,78
15	ABE082-1	54	1656,29	1,66	267,75	0,62
16	ABE228-K	12	81,79	0,08	85	0,1
17	ABE148-K	77	3367,67	3,37	340	0,99
18	ABE143-K	32	581,63	0,58	85	0,68
19	ABE116-1	35	695,8	0,7	170	0,41
20	ABE199	20	227,2	0,23	85	0,27
21	ABE130-1	42	1001,95	1	136	0,74
22	ABE011-1	66	2474,21	2,47	340	0,73
23	ABE297-1	44	1099,65	1,1	85	1,29
24	ABE271-K	12	81,79	0,08	21,25	0,38
25	ABE207-1	88	4398,59	4,4	170	2,59
26	ABE336	32	581,63	0,58	85	0,68
27	ABE318	53	1595,51	1,6	170	0,94
28	ABE009-1	64	2326,53	2,33	212,5	1,09
29	ABE162-K	20	227,2	0,23	85	0,27
30	ABE229-1	121	8316,09	8,32	212,5	3,91
31	ABE230-K	19	205,05	0,21	42,5	0,48
32	ABE237-1	40	908,8	0,91	170	0,53
33	ABE263-1	95	5126,2	5,13	136	3,77
34	ABE010-1	291	48098,81	48,1	340	14,15

Dari hasil perhitungan rugi-rugi pada penghantar netral trafo Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) seperti pada table 5 dimana rugi-rugi pada penghantar netral trafo tertinggi terjadi pada gardu trafo ABE010-1 sebesar 48,10 KW dan rugi-rugi pada penghantar netral trafo terkecil terjadi pada gardu trafo ABE 242-1 sebesar 0,01 KW. Jadi rugi-rugi pada penghantar netral trafo pada luar waktu beban puncak (LWBP) berkisar dari 0,01 KW- 48,10 KW.

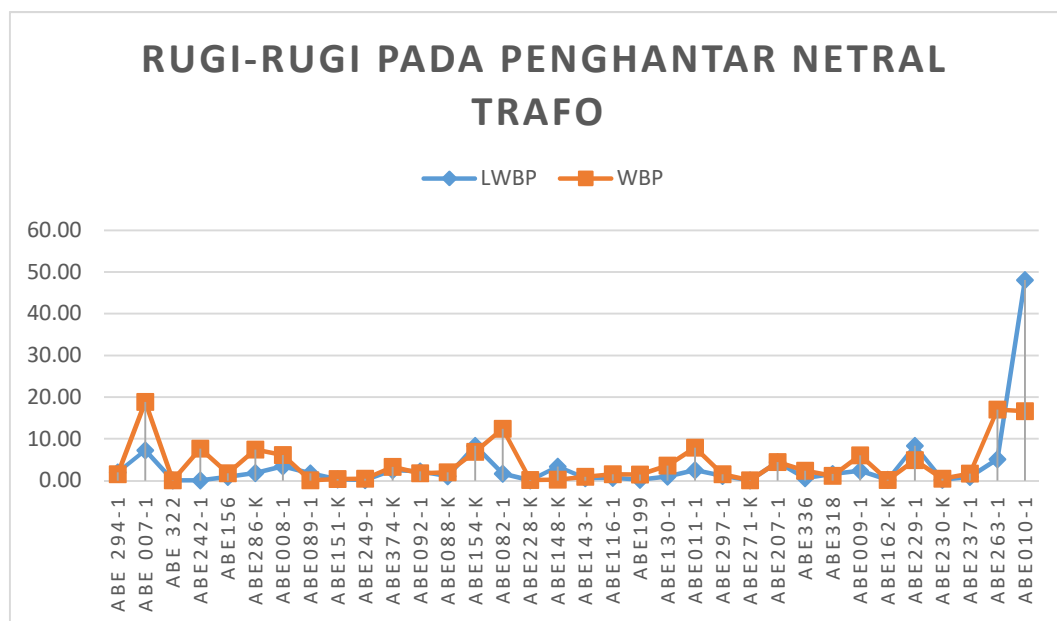
**Tabel 6 Hasil Perhitungan rugi-rugi daya pada penghantar netral trafo (WBP)**

NO	KODE GARDU-NO TRAFO	IN	PN (W)	PN (KW)	P (KW)	%PN
1	ABE 294-1	51	1477,37	1,48	136,00	1,09
2	ABE 007-1	182	18814,43	18,81	267,75	7,03
3	ABE 322	5	14,20	0,01	170,00	0,01
4	ABE242-1	116	7643,01	7,64	212,50	3,60
5	ABE156	55	1718,20	1,72	136,00	1,26
6	ABE286-K	114	7381,73	7,38	212,50	3,47
7	ABE008-1	104	6143,49	6,14	267,75	2,29
8	ABE089-1	10	56,80	0,06	170,00	0,03
9	ABE151-K	25	355,00	0,36	42,50	0,84
10	ABE249-1	27	414,07	0,41	85,00	0,49
11	ABE374-K	76	3280,77	3,28	340,00	0,96
12	ABE092-1	55	1718,20	1,72	85,00	2,02
13	ABE088-K	59	1977,21	1,98	170,00	1,16
14	ABE154-K	110	6872,80	6,87	1062,50	0,65
15	ABE082-1	148	12441,47	12,44	267,75	4,65
16	ABE228-K	14	111,33	0,11	85,00	0,13
17	ABE148-K	18	184,03	0,18	340,00	0,05
18	ABE143-K	39	863,93	0,86	85,00	1,02
19	ABE116-1	51	1477,37	1,48	170,00	0,87
20	ABE199	50	1420,00	1,42	85,00	1,67
21	ABE130-1	79	3544,89	3,54	136,00	2,61
22	ABE011-1	118	7908,83	7,91	340,00	2,33
23	ABE297-1	51	1477,37	1,48	85,00	1,74
24	ABE271-K	11	68,73	0,07	21,25	0,32
25	ABE207-1	88	4398,59	4,40	170,00	2,59
26	ABE336	64	2326,53	2,33	85,00	2,74
27	ABE318	44	1099,65	1,10	170,00	0,65
28	ABE009-1	103	6025,91	6,03	212,50	2,84



29	ABE162-K	17	164,15	0,16	85,00	0,19
30	ABE229-1	93	4912,63	4,91	212,50	2,31
31	ABE230-K	28	445,31	0,45	42,50	1,05
32	ABE237-1	54	1656,29	1,66	170,00	0,97
33	ABE263-1	173	16999,67	17,00	136,00	12,50
34	ABE010-1	171	16608,89	16,61	340,00	4,88

Pada Tabel 6 dari Perhitungan rugi-rugi pada penghantar netral trafo waktu beban puncak (WBP) berdasarkan data yang ada didapatkan maka rugi-rugi pada penghantar netral tertinggi terjadi pada gardu trafo ABE263-1 sebesar 18,81 KW dan rugi-rugi pada penghantar netral trafo terendah terjadi pada gardu trafo ABE322 sebesar 0,01 KW. Jadi rugi-rugi pada penghantar netral trafo waktu beban puncak (WBP) pada penyulang Kota berkisar dari 0,01 KW – 18,81 KW.



Gambar 2 Grafik rugi-rugi pada penghantar netral trafo

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan ,maka dapat di ambil beberapa kesimpulan :

- Besarnya rugi-rugi pada penghantar netral trafo luar waktu beban puncak (LWBP) berkisar antara 0,01 KW – 48,10 KW. Lalu pada waktu beban puncak (WBP), rugi-rugi pada penghantar netral berkisar antara 0,01 KW – 18,81 KW.
- Presentase ketidakseimbangan beban pada luar waktu beban puncak (LWBP) terbesar pada gardu trafo ABE322 sebesar 33,33 % dan terendah pada gardu trafo ABE347-K sebesar 1,34 %. Sedangkan presentase ketidakseimbangan beban pada waktu beban puncak (WBP) terbesar pada gardu trafo ABE263-1 sebesar 33,98 % dan terendah pada gardu trafo ABE007-1 sebesar 1,89 %.

**DAFTAR REFERENSI**

- Ariyen Duri, dkk (Tanpa Tahun), Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Transformator Distribusi Studi Kasus Pada PT.PLN (Persero) ULP Sungguminasa”. Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.
- Azka Azhari B. (2017), Analisis Rugi-Rugi Distribusi Primer Penyulang Adhyaksa Makassar. Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar. 2017
- Dahlan Moh (2012), Akibat Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi. Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus. 2012
- Dennis Satria Wahyu Jayabadi, dkk, 2016, *Analisis Ketidakseimbangan Beban Trafo 1 GI Grondol Terhadap Rugi-Rugi Akibat Arus Netral Dan Suhu Trafo Menggunakan Etap 12.6.0*, TRANSIENT, Vol.5, No.4, Desember 2016, Halaman 425-431 (ISSN: 2302-29927, 427)
- Ervila Riska Reba, 2015, *Studi Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Kerja Transformator Distribusi Pada Gardu JPR-119 Depan Varian Jayapura*, Februari 2015, Halaman 1-5
- Iman Malik, (2021), Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo Distribusi ULP Panakkukang. Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar. 2021
- I Putu Gede Kartika, (2018), Analisis Beban Takseimbang Terhadap Rugirugi Daya Dan Efisiensi Transformator KI0005 Jaringan Distribusi Sekunder Pada Penyulang Klungkung. Jurnal Spektrum, Vol. 5, No. 2, Des 2018, ISSN. 2302-3163. Universitas Udayana. Bali
- Ruliyanto (2020), Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Arus Ground Pada Trafo 1 dan Trafo 2 pada Beban Puncak Sesaat. Program Studi Teknik Elektro Universitas Nasional, Jakarta 12520.
- Shandy Kurniawan Saputra. 2015 “*Analisa Keseimbangan Beban Sistem Distribusi 20 Kv Pada Penyulang Kutilang Supply Dari Gi Seduduk Putih Menggunakan Etap 12.6*” Palembang: Tugas Akhir
- Verryanto Sandewa. 2013. *Analisis Keseimbangan Dan Konfigurasi Beban Sistem Distribusi 20 Kv Dengan Menggunakan Etap 7.0.0 (Studi Kasus Gardu Induk Wirobrajan Feeder 3)*. Yogyakarta: Skripsi.
- Wa Ode Sitti Hajriani F.A dkk, 2018. *Evaluasi Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Trafo Distribusi 20 kV Penyulang Toddopuli*. Jurnal Teknik Elektro, (Online), Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2018