

Perhitungan Rugi-Rugi Daya Listrik Pada Saluran Distribusi *Feeder* Sungkai di Gardu Induk Teluk Lembu

Marsaulina Marpaung¹⁾, Edy Ervianto²⁾, Noveri Lysbetti Marpaung³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro S1, ^{2,3)} Dosen Teknik Elektro

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya, Jl. H. R. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam

Pekanbaru, Riau

28293

Email : marsaulina.marpaung6406@student.unri.ac.id

ABSTRACT

All electrical power cannot be distributed properly to consumers due to the power losses that occur caused by technical and non-technical problems. The unbalance loads of distribution power system channel can happen caused by permanent conductive resistance. Good conductor should not have resistance value, but in reality every object has electrical resistance value. This conductive resistance can cause the power losses besides it the condition of distribution network such as the length of the network often increased also it contribution to cause the power losses. The distribution network is more prone to disruption because the distribution of electricity to consumers is carried out continuously. Therefore it is necessary for the calculation of the power losses generated by the conductor. The calculation is carried out on a 20 kV distribution channel with a point to point calculation method. Total primary current has generated phase R is 78.25 A, phase S is 73.5 A and phase T is 75.6 A. Total power losses that has generated feeder Sungkai is 3244.686 W. Total percentage power losses that generated feeder Sungkai is 6.5%.

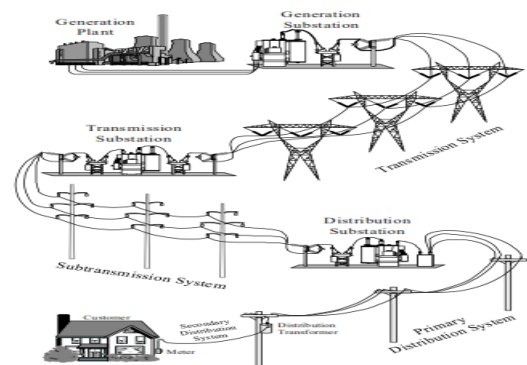
Keywords : power losses, unbalance load, primary distribution system

LPENDAHULUAN

Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa pelanggan dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Suatu sistem ketenaga listrikan terus mengalami perkembangan, salah satunya yaitu dengan terjadinya pertumbuhan pelanggan atau beban energi listrik dari tahun ke tahun.

Rugi-rugi daya saluran distribusi adalah masalah yang sering terjadi dalam sistem pendistribusian. Penyebab terjadinya rugi-rugi daya pada saluran distribusi adalah kandungan tahanan dalam penghantar ataupun keadaan jaringan itu sendiri seperti panjang jaringan yang sering bertambah. Jaringan distribusi lebih rawan mengalami gangguan karena penyaluran energi listrik ke konsumen dilakukan secara terus menerus. Untuk proses penyaluran daya listrik dapat dilihat pada gambar 1 di bawah.



Gambar 1. Proses penyaluran daya listrik (Donal, 2016)

II. METODE PENELITIAN

Penyulang atau *feeder* adalah jaringan PLN yang berfungsi menyalurkan listrik dengan tegangan 20.000 Volt, dari Gardu Induk menuju Gardu Distribusi. Pada sistem distribusi primer tegangan operasi yang ditetapkan sebagai standar tegangan oleh PT.PLN (Persero) adalah sebesar 20kV, dan untuk sistem distribusi sekunder tegangan standarnya sebesar 220/380V (PLN, 2010).

Rugi daya yang terjadi pada trafo distribusi terdiri dari 2 macam, yaitu : Rugi daya pada inti besi dan Rugi daya pada tembaga. Untuk mengetahui besarnya susut daya pada inti besi biasanya dilakukan pengujian pada trafo tanpa beban (beban nol).

Tabel 1. Rugi-Rugi Inti Besi Trafo Distribusi (SPLN NO.50, 1997)

No	kVA (Rating Trafo)	Rugi-rugi Inti Besi (Watt)
1	25	75
2	50	150
3	100	300
4	160	400
5	200	480
6	250	600
7	315	770
8	400	930
9	500	1100
10	630	1300
11	800	1750
12	1000	2300
13	1250	2500
14	1600	3000

Rugi tembaga disebabkan oleh arus beban yang mengalir pada belitan transformator. Karena arus beban yang mengalir berubah-ubah, maka rugi tembaga juga tidak konstan bergantung pada beban. Susut tembaga dinyatakan pada persamaan 1 berikut ini (Hakim, 2010) :

$$P_{cu} = I^2 \times R_{cu} \dots \dots \dots (1)$$

keterangan :

- P_{cu} = Susut tembaga transformator
- I = Arus beban
- R_{cu} = Resistansi belitan transformator

Besarnya rugi-rugi tembaga pada setiap perubahan beban dapat ditentukan dengan persamaan 2 berikut ini (Hakim, 2010) :

$$P_{cu2} = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 \times P_{cu1} \dots \dots \dots (2)$$

keterangan :

- P_{cu2} = rugi tembaga saat pembebanan tertentu
- P_{cu1} = rugi tembaga pada SPLN no 50 1997
- S_2 = beban yang dioperasikan
- S_1 = nilai pengenalan trafo

Tabel 2. Rugi_rugi Tembaga Trafo Distribusi (SPLN NO.50, 1997)

No	kVA (Rating Trafo)	Rugi-rugi Tembaga (Watt)
1	25	425
2	50	800
3	100	1600
4	160	2000
5	200	2500
6	250	3000
7	315	3900
8	400	4600
9	500	5500
10	630	6500
11	800	9100
12	1000	12100
13	1250	15000
14	1600	18100

Penghantar adalah suatu media yang berfungsi untuk menyalurkan arus listrik dari suatu titik ke titik yang lain. Penghantar kabel adalah penghantar konduktor dengan selubung isolasi yang membungkusnya. Penghantar kabel yang digunakan pada jaringan distribusi PLN adalah jenis kabel AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*). Untuk data impedansi dari kabel penghantar dapat dilihat di tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Impedansi penghantar (SPLN NO.64, 1985)

Luas Penampang (mm ²)	Jari-jari (mm)	Urut	GMR (mm)	Impedansi (ohm/km)
16	2,2563	7	1,6380	2,0161 + j0,4036
25	2,8203	7	2,0475	1,2903 + j 0,3895
35	3,3371	7	2,4227	0,9217 + j 0,3790
50	3,9886	7	2,8957	0,6452 + j 0,3678
70	4,7193	7	3,4262	0,4608 + 0,3572
95	5,4979	19	4,1674	0,3396 + j 0,3449
120	6,1791	19	4,6837	0,2688 + j 0,3376
150	6,9084	19	5,2365	0,2162 + j 0,3305
185	7,6722	19	5,8155	0,1744 + j 0,3239
240	8,7386	19	6,6238	0,1344 + j 0,3158

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode persegmen dengan mengumpulkan data dari PT. PLN (Persero) Area Rumbai untuk selanjutnya dilakukan perhitungan rugi – rugi daya pada saluran distribusi.

Untuk melakukan perhitungan rugi-rugi daya saluran distribusi primer data yang dibutuhkan adalah data arus beban pada sisi primer trafo. Jadi untuk mendapatkan nilai arus beban pada sisi primer trafo dapat menggunakan persamaan

sebagai berikut, seperti persamaan 3 telah diolah kembali (Donal,2016) :

$$I_p = \frac{P_s + P_{\text{rugi trafo}}}{\left(\frac{V_p}{\sqrt{3}}\right) \times \cos \varphi} \dots\dots\dots(3)$$

keterangan

- I_p = Arus pada sisi primer trafo
- P_s = Daya pada sisi sekunder trafo
- V_p = Tegangan pada sisi primer trafo
- $\cos \varphi$ = Faktor daya
- $P_{\text{rugi trafo}} = P_{\text{cu}} + P_{\text{inti}}$

Nilai tegangan sisi primer trafo dan $\cos \varphi$ yang digunakan adalah nilai standar PT.PLN (Persero) yaitu untuk tegangan primer trafo sebesar 20 kV dan untuk $\cos \varphi$ sebesar 0.85

Rugi-rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban seperti kerumah-rumah, ke gedung-gedung, dan lain sebagainya. rugi-rugi daya yang dihitung pada penelitian ini adalah I di primer trafo , dan rumus persamaan 4 perhitungannya adalah (S.L Uppal, 1987):

$$S = V \cdot I^* \dots\dots\dots(4)$$

keterangan :

- S = Rugi-rugi daya pada saluran (W)
- I^* = Arus pada saluran (A)
- V = Drop Tegangan pada saluran (Ω)

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk perhitungan arus beban pada sisi primer trafo distribusi di *feeder* sungkai dapat dihitung dengan :

$$\begin{aligned} \text{Fasa "R" : } I_p &= \frac{P_s + P_{\text{rugi trafo}}}{\left(\frac{V_p}{\sqrt{3}}\right) \times \cos \varphi} \\ I_p &= \frac{(V_s \times I_s \times \cos \varphi) + \text{Rugi inti} \left(\left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 \times P_{\text{cu1}} \right)}{\left(\frac{V_p}{\sqrt{3}}\right) \times \cos \varphi} \\ I_p &= \frac{(220 \times 68 \times 0.85) + 133,33 + \left(\left(\frac{220 \times 68}{53333,3} \right)^2 \times 666,66 \right)}{\left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) \times 0.85} \\ I_p &= \frac{(12716 + 133,33 + 52,26)}{9814.95} \\ I_p &= \frac{12901,59}{9814.95} \\ I_p &= 1,31 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fasa "S" : } I_p &= \frac{(220 \times 62 \times 0.85) + 133,33 + \left(\left(\frac{220 \times 62}{53333,33} \right)^2 \times 666,66 \right)}{\left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) \times 0.85} \\ I_p &= \frac{(11594 + 133,33 + 43,33)}{9814.95} \\ I_p &= \frac{11770,66}{9814.55} \\ I_p &= 1,19 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fasa "T" : } I_p &= \frac{(220 \times 80 \times 0.85) + 133,33 + \left(\left(\frac{220 \times 80}{66666,6} \right)^2 \times 666,66 \right)}{\left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) \times 0.85} \\ I_p &= \frac{(14960 + 133,33 + 72,59)}{9814.95} \\ I_p &= \frac{15165,92}{9814.95} \\ I_p &= 1,54 \text{ A} \end{aligned}$$

Di bawah ini pada tabel 4 akan ditampilkan perolehan data dari hasil perhitungan arus primer pada saluran distribusi pada setiap fasa *feeder* Sungkai.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Arus Primer Pada Setiap Fasa

No	ID Trafo Distribusi	No Trafo	kVA	Arus Sisi Primer Trafo		
				R	S	T
1	RB 154	TR 01	160	1.31	1.20	1.55
2	RB 19	TR 02	160	1.28	1.18	1.58
3	RB 32	TR 03	160	1.78	2.28	1.56
4	RB 135	TR 04	160	1.24	1.08	1.18
5	RB 301	TR 05	100	1.26	1.08	1.18
6	RB 106	TR 06	250	2.28	2.53	2.64
7	RB 224	TR 07	50	0.50	1.60	0.68
8	RB 240	TR 08	100	0.68	0.49	0.32
9	RB 79	TR 09	200	1.34	1.72	1.34
10	RB 118	TR 10	160	2.07	1.62	2.63
11	RB 13	TR 11	250	3.24	3.63	2.78
12	RB 84	TR 12	160	1.55	2.12	1.85
13	RB 172	TR 13	160	1.24	1.43	1.80
14	RB 22	TR 14	160	0.70	0.70	0.55
15	RB 212	TR 15	200	3.13	2.62	2.16
16	RB 78	TR 16	200	3.36	2.16	2.68
17	RB 176	TR 17	50	0.39	0.39	0.20
18	RB 45	TR 18	100	0.53	0.62	0.45
19	RB 109	TR 19	160	3.31	1.85	1.64
20	RB 07	TR 20	200	2.62	1.83	2.05
21	RB 249	TR 21	160	1.22	0.22	0.28
22	RB 08	TR 22	160	1.30	2.45	1.78
23	RB 77	TR 23	250	3.53	3.92	4.40
24	RB 06	TR 24	200	3.92	3.32	2.51
25	RB 105	TR 25	160	2.22	1.47	0.87
26	RB 286	TR 26	100	0.68	1.41	1.76
27	RB 152	TR 27	250	1.24	1.19	2.62
28	RB 94	TR 28	200	2.61	2.70	2.16
29	RB 196	TR 29	160	1.56	2.05	1.85

No	ID Trafo Distribusi	No Trafo	kVA	Arus Sisi Primer Trafo		
				R	S	T
30	RB 34	TR 30	250	3.38	2.18	3.18
31	RB 125	TR 31	50	0.66	0.20	0.20
32	RB 121	TR 32	200	0.19	0.21	0.40
33	RB 02	TR 33	250	3.38	2.14	3.84
34	RB 300	TR 34	100	0.70	0.85	0.33
35	RB 208	TR 35	100	0.97	1.10	1.18
36	RB 97	TR 36	200	2.55	2.57	1.99
37	RB 174	TR 37	200	2.07	1.22	1.62
38	RB 72	TR 38	200	2.84	1.97	3.15
39	RB 287	TR 39	100	1.30	0.85	0.89
40	RB 58	TR 40	200	1.87	2.37	2.14
41	RB 03	TR 41	200	1.85	2.35	2.12
42	RB 108	TR 42	200	2.30	2.47	1.49
43	RB 42	TR 43	200	2.10	2.12	2.05

No	No Saluran	Rugi Daya Saluran		
		R	S	T
6	46 – 45	3.438 + j 2.745	3.366 + j 2.687	3.191 + j 2.547
7	45 – 43	11.255 + j 8.727	9.768 + j 7.574	9.885 + j 7.665
8	37 – 36	0.001 + j 0.001	0.001 + j 0.001	0.003 + j 0.005
9	36 – 35	0.011 + j 0.017	0.003 + j 0.004	0.005 + j 0.008
10	35 – 34	0.140 + j 0.214	0.000 + j 0.001	0.002 + j 0.002
11	34 – 33	0.379 + j 0.580	0.077 + j 0.117	0.075 + j 0.115
12	33 – 32	1.456 + j 2.226	0.634 + j 0.969	0.499 + j 0.762
13	32 – 31	1.144 + j 1.750	0.568 + j 0.869	0.741 + j 1.132
14	44-43	3.058 + j 4.675	2.720 + j 4.158	2.549 + j 3.896
15	43 – 42	4.788 + j 7.319	4.353 + j 6.654	4.136 + j 6.322
16	42 – 41	3.693 + j 5.646	3.428 + j 5.240	3.073 + j 4.697
17	41 – 40	3.209 + j 7.540	2.672 + j 6.277	2.876 + j 6.757
18	25 – 24	0.014 + j 0.033	0.000 + j 0.001	0.001 + j 0.002
19	24 – 23	0.042 + j 0.100	0.048 + j 0.112	0.028 + j 0.066
20	40 - 30-31	11.692 + j 27.474	9.129 + j 21.450	10.480 + j 24.625
21	29-28	0.033 + j 0.077	0.014 + j 0.034	0.005 + j 0.012
22	27 - 23	66.836 + j 157.044	52.694 + j 123.815	55.728 + j 130.945
23	23 - 21	50.068 + j 117.996	40.370 + j 95.140	41.224 + j 97.153
24	21 – 20	14.115 + j 33.167	11.096 + j 26.072	11.436 + j 26.871
25	20 – 19	32.437 + j 76.218	24.251 + j 56.983	24.720 + j 58.085
26	19 - 17	39.766 + j 93.437	29.954 + j 70.384	30.288 + j 71.167
27	15 – 14	0.105 + j 0.161	0.074 + j 0.113	0.050 + j 0.077
28	14 – 13	0.157 + j 0.241	0.118 + j 0.181	0.078 + j 0.120
29	13 – 12	0.386 + j 0.590	0.339 + j 0.518	0.303 + j 0.463
30	12 – 11	0.470 + j 0.719	0.507 + j 0.774	0.431 + j 0.660
31	11 – 10	1.043 + j 1.595	1.183 + j 1.809	0.891 + j 1.362
32	10 – 9	3.055 + j 4.670	3.153 + j 4.820	2.954 + j 4.515
33	9 – 8	5.670 + j 8.668	6.168 + j 9.428	5.492 + j 8.396
34	8 – 7	106.379 + j 108.039	84.237 + j 85.551	83.674 + j 84.980
35	7 – 6	107.969 + j 109.654	88.809 + j 90.195	85.567 + j 86.903
35	6 – 5	164.812 + j 167.384	137.552 + j 139.699	133.194 + j 135.272
37	5 – 4	120.876 + j 122.763	100.770 + j 102.342	97.345 + j 98.864
38	4 – 3	125.100 + j 127.053	104.128 + j 105.753	100.955 + j 102.530
39	3 – 2	131.290 + j 133.339	111.400 + j 113.138	105.828 + j 107.480
40	2 – 1	200.807 + j 203.941	170.360 + j 173.019	165.600 + j 168.185

Perhitungan rugi-rugi daya yang di hasilkan oleh penghantar dapat dikalkulasikan dengan persamaan. Rugi-rugi daya yang di hasilkan oleh penghantar *feeder* sungkai adalah :

$$\begin{aligned} \text{Fasa R : } S &= V \times I^* \\ &= (0,054 + j 0.007)x (1,57 + j0,96) \\ &= 0,078 + j 0.062 \end{aligned}$$

Maka nilai P pada fasa R adalah 0.078 VA

$$\begin{aligned} \text{Fasa S : } S &= V \times I^* \\ &= (0,068 + j0.009) x(2,00 + j1,22) \\ &= 0,126 + j0,101 \end{aligned}$$

Maka nilai P pada fasa S adalah 0,126 VA

$$\begin{aligned} \text{Fasa T : } S &= V \times I^* \\ &= (0,062 + j0.008)x (1.80 + j1.10) \\ &= 0,103 + j 0.082 \end{aligned}$$

Maka nilai P pada fasa T adalah 0,103 VA

Di bawah ini pada tabel 5 akan ditampilkan hasil perhitungan rugi daya saluran distribusi pada setiap fasa *feeder* Sungkai

Tabel 5. Hasil Perhitungan Rugi Daya Saluran Distribusi

No	No Saluran	Rugi Daya Saluran		
		R	S	T
1	53 – 52	0.078 + j 0.062	0.126 + j 0.101	0.103 + j 0.082
2	52 – 51	0.552 + j 0.428	0.744 + j 0.577	0.415 + j 0.322
3	51 - 49	4.825 + j 3.723	5.949 + j 4.591	3.929 + j 3.032
4	49 – 48	2.112 + j 1.637	2.776 + j 2.152	1.939 + j 1.503
5	48 – 46	6.090 + j 4.721	7.084 + j 5.492	5.159 + j 3.999

Dari Tabel 4 di atas, dapat terlihat nilai arus primer pada setiap saluran perfasa yaitu pada fas R terdapat total nilai arus primer adalah 78,25 A, pada fasa S adalah 73, 5 A dan pada fasa T adalah 74,6 A. Nilai dari rugi daya saluran juga dapat

terlihat pada Tabel, dimana nilai rugi daya yang dihasilkan berdasarkan perhitungan yang dilakukan. Nilai rugi daya yang dihasilkan adalah daya aktif dan reaktif. Jadi, total nilai rugi daya pada saluran distribusi pada fasa R adalah 1229,353 VA, pada fasa S adalah 1020,623 VA dan pada fasa T adalah 994,850 VA. Nilai parameter yang diambil adalah nilai P, karena nilai P merupakan daya aktif yang terpakai melakukan kerja.

IV. KESIMPULAN

Total arus primer pada fasa R adalah 78,25 A, pada fasa S adalah 73,5 A dan pada fasa T adalah 74,6 A. Rugi-rugi daya total yang pada penghantar feeder Sungkai adalah sebesar 3244,686 W. Dengan membandingkan total rugi daya yang dihasilkan dan total daya yang terpakai, maka didapatkan persentase rugi-rugi daya pada saluran distribusi feeder Sungkai sebesar 6,5%.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Alfredo, D. 2016. *Analisa perhitungan susut daya dan energi dengan pendekatan kurva beban pada jaringan distribusi PT.PLN (Persero) Area Pekanbaru*. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Buku SPLN No 50 tahun 1997
- Buku SPLN No 64 tahun 1985
- Buku PLN 2010
- Hakim, I. 2010. *Studi efisiensi transformator daya di Gardu Induk Payageli PT. PLN (Persero)*. Skripsi. Universitas Sumatra Utara (USU). Medan
- Muchy, A. 2009. *Studi perkiraan susut energi dan alternatif perbaikan pada penyulang leci di Gardu Induk Jababeka*. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok
- Nolki, JH. 2015. *Analisa rugi-rugi daya pada jaringan distribusi di PT.PLN Palu*. Skripsi. UNSRAT. Palu.
- Setyawan, A. 2012. *Analisa susut energi pada konduktor jaringan tegangan menengah berbasis bentuk kurva beban harian*. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok
- Syaputra, Ardi. 2017. *Perhitungan Rugi Daya Saluran Distribusi Primer 20kV Feeder Adi Sucipto di GI Garuda Sakti*. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru.