

ANALISIS PENYESUAIAN KAPASITAS TRAFO TERHADAP BEBAN UNTUK MENGURANGI SUSUT TEKNIS PENYULANG DALUNG

Putu Rostiana Cahayani¹⁾, Ir. I Nengah Sunaya, M.T.²⁾, Ir. I Made Sajayasa, M.T.³⁾, dan Dr. Ir. I Wayan Jondra, M.Si⁴⁾

¹⁾Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

E-mail: rostyanacahayani@mail.com

Abstract

The Dalung feeder is an open loop channel for a 20 kV distribution system in the working area of PT PLN (Persero) ULP Mengwi with a technical loss of 2.4% which has exceeded the provisions of SPLN No. 72 of 1987. Technical loss is the loss of electrical power at the time of distribution from the generator to the customer. Taking into account the technical losses in the Dalung feeder, network reconfiguration was carried out. After the reconfiguration, it was found that the technical losses of the feeders fell to 1.7%. However, the value of technical losses is still relatively high because there are distribution transformers installed that have a very large capacity compared to the burden borne and there is still an opportunity to reduce it. So that the transformer capacity is adjusted to the load to reduce technical losses. In an effort to suppress technical losses, there was a significant decline in technical losses where the value of technical losses fell to 1.4%. So, the adjustment of the transformer capacity to the load is one of the right solutions to be realized by PT PLN (Persero) ULP Mengwi to suppress the technical losses of the Dalung Feeder.

Keywords: *technical losses, reconfiguration, transformer*

PENDAHULUAN

Pada zaman modern ini, energi listrik merupakan bentuk energi yang sangat dibutuhkan bagi masyarakat. Dengan semakin bertambahnya permintaan konsumen listrik maka semakin besar pula arus listrik yang mengalir pada penghantar sistem distribusi (Saefolloh et al., 2011). Apabila beban listrik yang ditanggung oleh sistem distribusi lebih besar dari kemampuan kuat hantar arus (KHA) penghantarnya dan standar pembebanan maksimalnya, maka sistem distribusi akan mengalami overload yang berakibat rugi-rugi yang besar terjadi pada jaringan sistem distribusi (Hero, 2017). Susut teknis merupakan hilangnya daya listrik pada saat penyaluran mulai dari pembangkit hingga ke pelanggan karena berubah menjadi panas pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) (Resty, 2019).

Penyulang Dalung merupakan saluran *open loop* sistem distribusi 20 kV di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Mengwi yang disupply dari Transformator II Gardu Induk (GI) Kapal dengan karakteristik kepadatan beban yang tergolong tinggi. Dimana rata-rata

pembebanan penyulang bulan januari 2020 hingga oktober 2021 telah mencapai angka 175 A dengan susut teknis sebesar 120,98 kW atau 2,4% yang sudah melebihi ketentuan SPLN No. 72 Tahun 1987 susut maksimum jaringan open loop dan radial maksimum 2,3% (Ayati et al., 2020). Dengan mempertimbangkan susut teknis penyulang Dalung yang sudah melebihi ketentuan maka dilakukan rekonfigurasi jaringan pada penyulang Dalung. Setelah dilakukannya rekonfigurasi, diketahui bahwa susut teknis penyulang turun menjadi 42,29 kW atau 1,7%. Namun permasalahannya adalah, nilai susut teknis tersebut masih relative tinggi karena masih terdapat trafo distribusi yang terpasang memiliki kapasitas yang sangat besar dibandingkan dengan beban yang ditanggung dan masih terdapat peluang untuk diturunkan. Berdasarkan kasus diatas, maka dilakukan analisis mengenai penyesuaian kapasitas trafo terhadap beban untuk mengurangi susut teknis penyulang Dalung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif yang menganalisis Penyesuaian Kapasitas Trafo Terhadap Beban untuk Mengurangi Susut Teknis Penyulang Dalung. Dalam pengambilan data digunakan beberapa Teknik pengambilan data, seperti survei, observasi dan studi literatur. Data bertipe numerik atau angka yang diperoleh diolah secara matematis dan statistik kemudian hasil pengolahan data akan dilakukan penjelasan secara deskriptif untuk menjawab permasalahan yang timbul.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Susut Konduktor

a. Perhitungan Impedansi Saluran

Nilai impedansi penghantar terdiri atas tahanan dan induktansi (Syahputra et al., 2018; Mangera & Hardiantono, 2019) dikalikan dengan panjang penghantar. Sebagai contoh di section pertama yaitu dari GI Kapal hingga cabang 1 menggunakan penghantar N2XSEBY dengan luas penampang 240 mm² dengan nilai impedansinya 0,099 + j 0,095 sepanjang 2,87 km. Perhitungan impedansi saluran tersebut dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$Z = (R + jX) \times L = (0,099 + j0,095) \times 2,87 = 0,284 + j0,272$$

Dengan contoh perhitungan maka nilai total impedansi penghantar di setiap section di Penyulang Dalung ditunjukkan dalam Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1
Impedansi Penghantar Saluran Penyulang Dalung

Section	Jenis Penghantar	Panjang Penghantar (km)	Z (Ω/km)	Z (Ω)
1	N2XSEBY 240 mm ²	2,87	0,099 + j0,095	0,284 + j0,272
	AAAC/S 150 mm ²	0,03	0,225 + j0,382	0,007 + j0,012
	Impedansi Total (Ω)			0,291 + j0,284
2	AAAC/S 150 mm ²	3,71	0,225 + j0,382	0,835 + j1,418
	Impedansi Total (Ω)			0,835 + j1,418
3	N2XSEBY 300 mm ²	0,64	0,078 + j0,093	0,050 + j0,059
	AAAC/S 150 mm ²	0,81	0,225 + j0,382	0,183 + j0,311
	AAAC 150 mm ²	0,93	0,225 + j0,382	0,208 + j0,354
	Impedansi Total (Ω)			0,441 + j0,724
4	N2XSEBY 240 mm ²	0,44	0,099 + j0,095	0,044 + j0,043
	NFA2XSXY-T 150 mm ²	0,13	0,265 + j0,132	0,035 + j0,175
	AAAC/S 150 mm ²	2,77	0,225 + j0,382	0,624 + j1,059
	AAAC 150 mm ²	0,19	0,225 + j0,382	0,043 + j0,073
Impedansi Total (Ω)			0,746 + j1,350	

b. Perhitungan Susut Konduktor

Perhitungan di section pertama yaitu dari GI Kapal hingga Recloser Celuk yang dialiri arus sebesar 79,47 A dengan faktor daya ($\cos \phi$) sebesar 0,95, faktor distribusi sama dengan 1 dan impedansi total di section tersebut sebesar 0,291 + j0,284. Susut konduktor dipengaruhi oleh kuadrat arus resistansi, induktansi dan faktor daya (Dimas et al., 2017).

$$\begin{aligned} \Delta P_{kond} &= \sqrt{3} \times I^2 \times FD(R \cos\phi + X \sin\phi) \\ &= \sqrt{3} \times 157,89^2 \times 1((0,291 \times 0,95) + (0,284 \times 0,31)) \\ &= 3,98 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dengan contoh perhitungan maka nilai susut konduktor di Penyulang Dalung ditunjukkan dalam Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2
Susut Konduktor Penyulang Dalung

Section	Arus Induk (A)	Z Total (Ω)	Faktor Distribusi	Cos ϕ	Sin ϕ	ΔP_{kond} (W)	ΔP_{kond} (kW)
Section 1	79,47	0,291 + j0,284	1	0,95	0,3	3.981,69	3,98
Section 2	77,83	0,835 + j1,418	$\frac{2}{3}$	0,95	0,3	8.617,36	8,62
Section 3	42,86	0,441 + j0,724	0,5	0,95	0,3	1.022,94	1,02
Total ΔP_{kond}						13.621,99	13,62

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapatkan nilai total susut konduktor pada Penyulang Dalung yaitu sebesar 13,62 kW.

Perhitungan Susut Trafo

Perhitungan susut trafo didapat dari penjumlahan susut masing-masing trafo distribusi (Primanda et al., 2015; Een, 2011). Susut trafo yang dimaksud disini adalah susut inti besi (ΔP_{Fe}) dan susut tembaga (ΔP_{Cu}) (Muhammad Soleh, & Taryo M, 2019; Donald & Edya, 2016). Susut inti besi dianggap konstan karena susut inti besi tidak dipengaruhi pembebanan trafo, sedangkan susut tembaga trafo besarnya tergantung pada arus beban trafo (Primanda et al., 2014; Een, 2011). Rugi inti besi dan rugi tembaga didapatkan dari *name plate* trafo berdasarkan kapasitasnya tanpa dibedakan dari merk trafo (Pratama, 2021). Adapun tabel rugi inti besi dan rugi tembaga trafo sebagai berikut:

Tabel 3
Rugi Inti Besi dan Rugi Tembaga Trafo Distribusi

Kapasitas (kVA)	Rugi Inti Besi (W)	Rugi Tembaga (W)
25	75	425
50	125	800
100	210	1.420
160	300	2.000
200	355	2.350
250	420	2.750

Perhitungan susut trafo dilakukan setelah penyesuaian kapasitas trafo terhadap beban pada penyulang Dalung, sehingga jumlah trafo distribusi yang sebelumnya sebanyak 48 berkurang menjadi 26 trafo distribusi.

a. Perhitungan Arus Nominal Trafo

Arus nominal trafo, diperoleh dengan membagi kapasitas trafo dengan tegangan primer (Dodi, 2016. Arus nominal gardu KA 3333 dengan kapasitas trafo 100 kVA, dapat dihitung arus nominal sebagaimana perhitungannya di bawah ini.

$$I_n = \frac{K_{trafo}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{100.000}{\sqrt{3} \times 20.000} = 2,89 \text{ A}$$

b. Perhitungan Resistansi Tembaga

Nilai resistansi tembaga dapat dihitung dengan membagi rugi daya tembaga dengan kuadrat arus nominal (Ir. Teguh Utomo et al., 2015). Arus nominal trafo pada gardu KA3333 sebesar 2,89 A dan rugi tembaga berdasarkan kapasitasnya sebesar 1.420 W Tabel 3, sehingga nilai resistansi tembaga dapat dihitung seperti perhitungan di bawah ini.

$$R_{cu} = \frac{P_{cu}}{I_n^2} = \frac{1.420}{2,89^2} = \frac{1.420}{8,33} = 170,39 \Omega$$

c. Perhitungan Susut Tembaga

Susut tembaga dapat dihitung dengan perkalian kuadratis arus beban dengan resistansi tembaga (Yessi & Quratul, 2018). Dengan arus beban rata-rata trafo sebesar 1,55 A dan resistansi tembaga sebesar 170,39 Ω , maka susut tembaga di gardu KA 3333 dapat dihitung seperti perhitungan di bawah ini.

$$\Delta P_{cu} = I^2 \times R_{cu} = 1,55^2 \times 170,39 = 2,41 \times 170,39 = 410,24 \text{ W}$$

d. Perhitungan Susut Trafo

Nilai susut trafo secara keseluruhan merupakan jumlah dari susut tembaga dengan susut inti besi (Misdi M, 2019). Dengan susut tembaga sebesar 410,24 W dan susut inti besi berdasarkan kapasitasnya sebesar 210 W (tabel 2.1) maka susut trafo di gardu KA 3333 dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Delta P_{trafo} = \Delta P_{fe} + \Delta P_{cu} = 210 + 410,24 = 620,24 \text{ W}$$

Dengan contoh perhitungan maka nilai susut trafo di Penyulang Dalung ditunjukkan dalam Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4.
Susut Trafo Penyulang Dalung

No.	No. Gardu	Kapasitas (kVA)	Arus Rata-Rata (A)	In (A)	Pcu (W)	Rcu (Ω)	ΔP_{cu} (W)	ΔP_{fe} (W)	ΔP_{trafo} (W)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	KA 3333	100	1,55	2,89	1.420	170,39	410,24	210	620,24
2	KA 2292	160	0,04	4,62	2.000	93,74	0,18	300	300,18
3	KA 3807	160	2,21	4,62	2.750	128,90	629,74	420	1049,74
4	KA 3348	160	3,72	4,62	2.000	93,74	1.295,65	300	1595,65
5	KA 1112	160	3,00	4,62	2.000	93,74	841,26	300	1.141,26
6	KA 0095	160	2,26	4,62	2.000	93,74	479,23	300	779,23
7	KA 2625	250	3,90	7,22	2.350	45,12	686,70	355	1041,70
8	KA 1076	250	4,66	7,22	2.350	45,12	977,65	355	1332,65
9	KA 3235	100	0,11	2,89	2.750	329,98	3,83	420	424
10	KA 1637	100	0,16	2,89	2.750	329,98	8,27	420	428
11	KA 4265	100	0,43	2,89	1.420	170,39	31,60	210	242
12	KA 2878	160	0,42	4,62	1.420	66,56	11,98	210	222
13	KA 0544	100	0,46	2,89	2.000	239,99	51,30	300	351
14	KA 0174	160	2,81	4,62	1.420	66,56	526,30	210	736
15	KA 1622	100	0,42	2,89	2.350	281,98	50,77	355	406
16	KA 5583	160	3,39	4,62	2.750	128,90	1.479,86	420	1.900
17	KA 4212	100	1,13	2,89	2.000	239,99	308,43	300	608
18	KA 0452	160	3,00	4,62	2.750	128,90	1.156,74	420	1.577
19	KA 3706	100	1,81	2,89	2.000	239,99	781,88	300	1.082
20	KA 2436	160	2,65	4,62	2.000	93,74	660,14	300	960
21	KA 1384	50	0,86	1,44	1.420	681,56	498,24	210	708
22	DB 0295	160	2,22	4,62	2.000	93,74	463,26	300	763
23	KA 2326	160	3,14	4,62	1.420	66,56	654,15	210	864
24	KA 2746	50	0,70	1,44	2.750	1.319,92	640,62	420	1.061
25	KA 2327	160	3,36	4,62	2.000	93,74	1.060,23	300	1.360
26	DB 0429	100	1,65	2,89	2.750	329,98	894,75	420	1.315
TOTAL SUSUT TRANSFORMATOR									22.868,02

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapatkan nilai total susut trafo pada Penyulang Dalung yaitu sebesar 22,87 kW.

Perhitungan Susut Teknis

$$\begin{aligned}\Delta P_{Teknis} &= \Delta P_{Konduktor} + \Delta P_{Trafo} = 13.621,99 + 22.868,02 \\ &= 36.490,013 \text{ W} = 36,49 \text{ kW}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan total hasil susut teknis penyulang Dalung yaitu sebesar 36,49 kW dari total daya yang disalurkan.

Perhitungan Persentase Susut Teknis

a. Perhitungan Total Beban Penyulang (Demand)

Dengan arus beban Penyulang Dalung setelah rekonfigurasi sebesar 79,47 A dan rata-rata faktor daya atau $\cos \phi$ sebesar 0,95 maka dapat dihitung total beban penyulang (*Demand*) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Demand &= \sqrt{3} \times I \times V \times \cos\phi = \sqrt{3} \times 79,47 \times 20.000 \times 0,95 \\ &= 2.615.275,48 W = 2.615,27 kW \end{aligned}$$

b. Persentase Susut Teknis

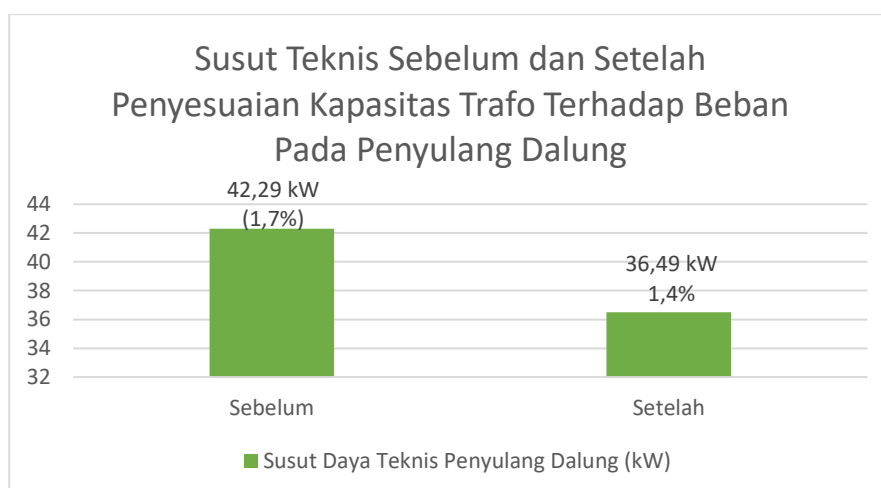
Dengan susut teknis sebesar 36,49 kW dan total beban penyulang (*Demand*) sebesar 2.615,27 kW maka dapat dihitung persentase susut teknis sebagai berikut:

$$\% \Delta P_{Teknis} = \frac{\Delta P_{Teknis}}{Demand} \times 100 = \frac{36,49}{2.615,27} \times 100 = 1,4 \%$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan persentase susut teknis setelah dilakukan penyesuaian kapasitas trafo terhadap beban pada penyulang Dalung yaitu sebesar 1,4%.

Analisis

Dari hasil perhitungan susut teknis setelah penyesuaian kapasitas trafo terhadap beban pada penyulang Dalung dapat dilihat terjadi penurunan susut teknis penyulang yang ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Susut Teknis Sebelum dan Setelah Penyesuaian Kapasitas Trafo Terhadap Beban Pada Penyulang Dalung

Berdasarkan grafik diatas yang menunjukkan perbandingan nilai susut teknis sebelum dan setelah penyesuaian kapasitas trafo terhadap beban pada penyulang Dalung dapat dilihat terjadi penurunan susut teknis yang signifikan. Dimana nilai susut teknis penyulang Dalung yang sebelumnya sebesar 42,29kW atau 1,7% turun menjadi 36,49kW atau 1,4%.

SIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan penelitian ini, dapat ditarik simpulan yaitu terjadi penurunan susut teknis setelah penyesuaian kapasitas trafo terhadap beban pada penyulang Dalung yaitu susut teknis penyulang Dalung yang sebelumnya sebesar 42,29kW atau 1,7% turun menjadi 36,49kW atau 1,4%.

DAFTAR PUSTAKA

- Saefulloh, Dian, Warsito, Agung & Kartono. (2011). Perencanaan Pengembangan Gardu Induk Untuk 10 Tahun ke Depan. *Undergraduate thesis, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip*.
- Hero Putra Perdana. (2017). Evaluasi Kapasitas Jaringan Distribusi Primer untuk Perkembangan Beban Pada PT. PLN (Persero) Area Singkawang. *Jurnal Jteuntan, Department of Electrical Engineering, Universitas Tanjungpura*, 1(1), 1-10.
- Resty Fauzie Ariyanti. (2019). Identifikasi Penyebab Susut Energi Listrik PT PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode *Failure Mode & Effect Analysis* (FMEA). *Industrial Engineering Online Journal*, 8(1), 1-8.
- Ayati Saadah, M. Iqbal Arsyad & Junaidi. (2020). Studi Perencanaan Pembangunan Penyulang Baru untuk Pembagian Beban Penyulang Sahang 1 dan Raya 17 PT PLN (Persero) ULP Siantan. *Jurnal Teknik Universitas Tanjungpura*, 2(1), 1-14.
- Syahputra, R., Yusmartato, Y., Nasution, R., & Yusniati, Y. (2020). Pengoperasian Transformator Dengan Menggunakan Tap Changer Aplikasi Gardu Induk Denai. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(2), 53-60.
- Mangera, P., & Hardiantono, D. (2019). Analisis Rugi Tegangan Jaringan Distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) Cabang Merauke. *Musamus Journal of Electro & Mechanical Engineering*, 1(2), 61-69.
- Dimas Wahyu Sasongko, Muhammad Suyanto & Mujiman. (2017). Analisis Terjadinya Losses Pada Transformator Daya 20 kV Jaringan Distribusi di Gardu Induk Wonosari Surakarta. *Jurnal Elektrikal*, 4(1), 74–82.
- Primanda Arief Yuntyansyah, Ir. Unggul Wibawa, M.Sc. & Ir. Teguh Utomo, M.T. (2015). Studi Perkiraan Susut Teknis dan Alternatif Perbaikan Pada Penyulang Kayoman Gardu Induk Sukorejo. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 3(1), 1-8
- Een Taryana. (2011). Susut Daya Akibat Ketidakseimbangan Beban pada Saluran Distribusi Tegangan Rendah. *Jurnal Teknik Universitas UNJANI*, 10(1), 13-22.

- Muhammad Soleh, & Taryo M. (2019). Analisis Losses Jaringan dan Alternatif Perbaikan Pada Penyulang Jatiwangi Rayon Majalengka. *Jurnal Mestro Teknik Mesin dan Teknik Elektro*, 1(2), 4-5.
- Pratama Septy. (2021). Evaluasi Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Pada Transformator Gardu Distribusi JS5A 400 kVA di PT. PLN (PERSERO) UP3 Bekasi. *Bachelors Degree (S1) thesis*, INSTITUT TEKNOLOGI PLN.
- Dodi Setiabudi. (2016). Analisa Efisiensi Transformator Daya 20 MVA Gardu Induk 150 kV Jember Terhadap Perkembangan Beban Feeder. *Jurnal Rekayasa Teknologi Universitas Muhammadiyah Jember*, 2(10), 38-50.
- Ir. Teguh Utomo, M.T., Primanday Arief Y. & Ir. Unggul Wibawa, M.Sc. (2015). Studi Perkiraan Susut Teknis Dan Alternatif Perbaikan Pada Penyulang Kayoman Gardu Induk Sukorejo. *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, 1-8.
- Yessi Marniati & Quaratul Aini Hanifatulah. (2018). Evaluasi Susut Daya Penyulang Cendana 20 kV Pada Gardu Induk Bungaran Dengan ETAP 12.6. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 79-93.
- Misdi. (2019). Analisis Susut Teknis Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Sentani. *Jurnal Dinamis*, 17(1), 99-103.