

STUDI SUSUT DAYA PADA SALURAN DISTRIBUSI PT. PLN (PERSERO) AREA PELAYANAN DAN JARINGAN (APJ) SURABAYA SELATAN DENGAN BEBAN PELANGGAN JARINGAN TEGANGAN RENDAH

Achmad Sukamdani

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
Email: achmadsukamdani495@gmail.com

Tri Rijanto

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
Email: tririjanto@unesa.ac.id

Abstrak

Salah satu permasalahan yang dihadapi oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) saat ini khususnya untuk sistem distribusi tenaga listrik adalah besarnya rugi-rugi daya. Untuk meningkatkan kualitas pelayanan PLN kepada pelanggan, maka diperlukan informasi tentang nilai susut dan efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah serta perhitungan terhadap persentase (%) kapasitas pembebanan transformator. Hasil penelitian menunjukkan nilai susut total berdasarkan kapasitas sistem pembebanan transformator 100%, 90%, dan 80% pada masing-masing gardu distribusi yang mempunyai nilai susut terbesar yaitu gardu BE1106 bernilai 156.833,57 kW dan untuk nilai susut terkecil yaitu gardu BE1804 bernilai 899,59 kW. Sedangkan untuk efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah mempunyai nilai efisiensi rata-rata terbesar yaitu gardu BE1478 bernilai 99,86% dan untuk nilai efisiensi saluran terkecil yaitu gardu BE1106 bernilai 97,39%. Berdasarkan persentase (%) kapasitas sistem pembebanan transformator yang berbeda memiliki nilai susut terkecil dan memiliki nilai efisiensi saluran rata-rata terbesar yaitu pada saat kapasitas sistem pembebanan transformator 80%.

Kata Kunci: Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Jaringan Tegangan Rendah, Susut Daya.

Abstract

One of the problems faced by the State Electricity Company (PLN) at present, especially for the electricity distribution systems is the amount of power losses. To improve the quality of PLN services to customers, information is needed on the power losses value and efficiency of low voltage network distribution channels and the calculation of the percentage (%) of transformer loading capacity. The results showed the total power losses value based on the transformer loading system capacity of 100%, 90%, and 80% at each distribution substation which has the largest power losses value of BE1106 substation valued at 156,833.57 kW and for the smallest power losses value is BE1804 substation valued 899.59 kW. As for the efficiency of the distribution channel of the low voltage network has the highest average efficiency value, that is the BE1478 substation is of value 99.86% and for the smallest channel efficiency value, BE1106 substation is 97.39%. Based on the percentage (%) of the transformer loading system capacity different has the smallest power losses value and has the highest average channel efficiency value when the transformer loading system capacity is 80%.

Keywords: Electric Power Distribution System, Low Voltage Network, Power Losses.

Universitas Negeri Surabaya

PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan sistem penyediaan tenaga listrik yang terdiri dari beberapa pembangkit atau pusat listrik terhubung satu dengan yang lainnya oleh jaringan transmisi dengan pusat beban atau jaringan distribusi. Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama: pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang dalam hal ini merupakan pemegang tunggal kebijakan pemakaian dan pemanfaatan tenaga listrik di Indonesia bertanggung jawab penuh terhadap pemenuhan kebutuhan

listrik dari masyarakat yang berada di perumahan, perkantoran maupun industri. (Hakim, 2012)

Dalam sistem tenaga listrik dikenal faktor rugi-rugi atau penyusutan daya. Penyusutan ini dapat ditemui di berbagai tempat pada jaringan tenaga listrik, berdasarkan informasi dari PT. PLN (Persero) sebagian besar penyusutan daya ini terdapat pada jaringan distribusi. Hal ini disebabkan karena pada jaringan distribusi tegangan yang dipakai berada dalam rentang tegangan menengah dan tegangan rendah. Dimana untuk tegangan menengah dan tegangan rendah, arus yang mengalir pada jaringan nilainya besar. Susut pada sistem jaringan distribusi

menjadi salah satu pertimbangan, baik dalam perencanaan maupun pengoperasian, karena mempengaruhi biaya investasi. (Wicaksono, 2016)

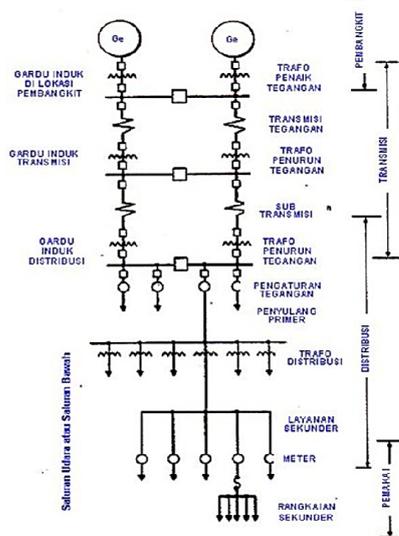
Mengingat pentingnya informasi mengenai besarnya susut pada jaringan distribusi, maka studi mengenai susut pada sistem jaringan distribusi perlu dilakukan. Pada umumnya, susut pada jaringan distribusi berkisar 10%. (APEI, 2003)

Salah satu permasalahan utama yang dihadapi PLN saat ini khususnya untuk bidang sistem distribusi adalah besarnya rugi-rugi daya. Rugi-rugi daya ini menyebabkan daya yang dikirimkan tidak sebesar daya yang dihasilkan, apabila dikonversi menjadi satuan rupiah, bisa dikatakan banyak uang yang terbuang secara percuma. Untuk meningkatkan kualitas pelayanan PLN kepada pelanggan, maka akan dihitung besar susut yang terjadi dan nilai efisiensi saluran distribusi pada jaringan tegangan rendah di wilayah PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan khususnya PLN Rayon Rungkut. Standar kriteria yang digunakan sebagai patokan atau referensi dalam penelitian ini adalah Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) dan Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011. (PUIL, 2011)

KAJIAN PUSTAKA

Sistem Tenaga Listrik

Untuk keperluan penyediaan tenaga listrik bagi para pelanggan, diperlukan berbagai peralatan listrik. Berbagai peralatan listrik ini dihubungkan satu sama lain mempunyai interrelasi dan secara keseluruhan membentuk suatu sistem tenaga listrik. Yang dimaksud dengan sistem tenaga listrik disini adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi (Marsudi, 2006). Gambar 1. menunjukkan secara umum skema sistem tenaga listrik.



Gambar 1. Skema Sistem Tenaga Listrik
(Sumber : Suhadi dkk., 2008)

Pembangkitan adalah tempat energi listrik pertama kali dibangkitkan, dimana terdapat turbin sebagai penggerak mula (*Prime Mover*) dan generator yang membangkitkan listrik. Transmisi adalah proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga saluran distribusi listrik (*substation distribution*) sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik melalui suatu bahan konduktor. Sedangkan distribusi adalah subsistem tersendiri yang terdiri dari pusat pengatur (*distribution control center*), saluran tegangan menengah yang merupakan saluran udara (SUTM), gardu distribusi tegangan menengah yang terdiri dari panel-panel pengatur tegangan menengah dan transformator sampai dengan panel-panel distribusi tegangan rendah yang menghasilkan tegangan kerja untuk konsumen. (Rasyid, 2017)

Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Distribusi merupakan bagian yang menghubungkan antara sisi transmisi dengan konsumen, biasanya dimulai dari gardu distribusi dan berakhir di konsumen. Sistem distribusi adalah keseluruhan komponen dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan secara langsung antara sumber daya yang besar (*Bulk Power Source*) dengan konsumen tenaga listrik. Sedangkan fungsinya adalah menyalurkan tenaga listrik ke beberapa pelanggan dan merupakan subsistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan. (Suhadi dkk., 2008)

Susut Jaringan

“Susut (*losses*) adalah sejumlah energi listrik yang hilang dalam proses pengaliran energi listrik mulai dari gardu induk sampai dengan konsumen. Apabila tidak terdapat gardu induk, susut (*losses*) dimulai dari gardu distribusi sampai dengan konsumen”. (Surat Keputusan Menteri Keuangan No.431/KMK.06/2002, 2002,4)

Daya listrik adalah banyaknya energi tiap satuan waktu dimana pekerjaan sedang berlangsung atau kerja yang dilakukan persatuan waktu.

Susut daya atau rugi daya listrik adalah berkurangnya pasokan daya yang dikirimkan oleh sumber pasokan (PLN) kepada yang diterima dalam hal ini konsumen, artinya daya yang hilang akibat susut daya merupakan daya yang dibangkitkan namun tidak terjual. Dalam hal ini pihak penyedia daya listrik (PLN), menderita kerugian akibat membangkitkan daya dengan biaya yang cukup besar tetapi tidak mendapatkan keuntungan finansial dari hasil penjualan daya tersebut. (Pratiwi, 2017)

Susut teknik merupakan susut yang terjadi karena memang ketidaksempurnaan sistem, dengan kata lain susut yang sudah pasti ada dan biasanya dapat dibuat model perhitungannya. (Muchtart dkk., 2017)

Susut pada jaringan tegangan rendah ini tidak dapat dihindari karena tidak mungkin memiliki efisiensi sebesar 100%. Artinya selalu ada daya listrik yang hilang atau mengalami penyusutan pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah. Secara umum rumusan dari susut teknik berasal dari persamaan 1 sebagai berikut (Wicaksono, 2016):

$$P_{\text{susut}} = I_{\text{saluran}}^2 \times R_{\text{kabel}} \quad (1)$$

Keterangan:

P_{susut} = Susut daya (W)

I_{saluran} = Arus beban (A)

R_{kabel} = Hambatan dalam penghantar (Ω)

Kemudian, untuk besar nilai hambatan kabel tersebut dapat didefinisikan dengan persamaan 2 sebagai berikut (Wicaksono, 2016):

$$R_{\text{kabel}} = \rho \frac{\ell}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

R_{kabel} = Hambatan dalam penghantar (Ω)

ρ = Hambatan jenis penghantar ($\Omega \cdot m$)

ℓ = Panjang penghantar (m)

A = Luas penampang penghantar (m^2)

Susut Jaringan Tegangan Rendah

Merupakan susut yang terjadi pada jaringan distribusi sekunder, dengan kata lain merupakan susut yang terjadi pada tegangan nominal 380/220 Volt. Perhitungan dilakukan dengan melihat sisi sekunder transformator distribusi. Untuk menghitung susut pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah 3 fasa digunakan persamaan 3 sebagai berikut (Handoyo, 2005):

$$S_{JTR3f} = 3 \times \sum_1^n n^2 \times I_{\text{gwgj}3}^2 \times R_{\text{gwgj}3} \times \text{LSF} \times t \times F_{\text{kor}} \times 10^{-3} \quad (3)$$

Keterangan:

S_{JTR3f} = Susut daya jaringan tegangan rendah 3 fasa (W)

n = Jumlah titik beban/tiang

$R_{\text{gwgj}3}$ = Resistansi saluran 3 fasa antar titik beban (Ω)

$I_{\text{gwgj}3}$ = Faktor kepadatan beban = I_{pp}/n (Ampere/km)

LSF = Faktor susut (*Loss Factor*)

t = Waktu (S)

F_{kor} = Faktor koreksi kabel penghantar (bernilai 1 pada suhu 20°C)

Sedangkan untuk menghitung nilai efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah ditunjukkan pada persamaan 4 sebagai berikut (Handoyo, 2005):

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{P_{\text{(OUT)}}}{P_{\text{(IN)}}} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

$P_{\text{(out)}}$ = Daya listrik keluaran (*Output*) (W)

$P_{\text{(in)}}$ = Daya listrik masukan (*Input*) (W)

METODE

Pendekatan Penelitian

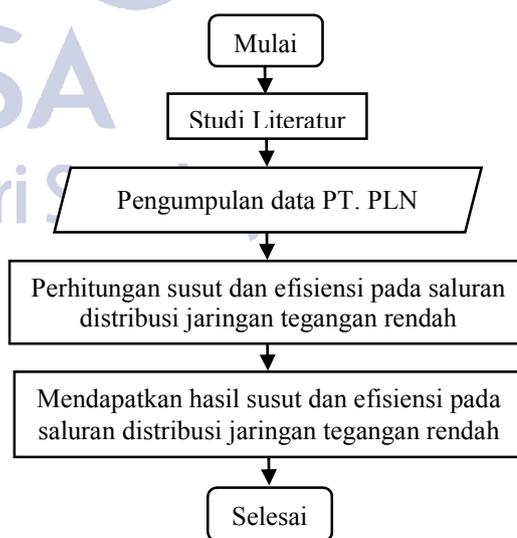
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode wawancara, studi literatur, dan data historis PLN. Maka hasil penelitian ini berupa perhitungan angka secara manual (*kuantitatif*). Penulisan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar nilai susut dan efisiensi pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah yang berdasarkan persentase kapasitas sistem pembebanan transformator yang berbeda, sehingga objek bahasan yang digunakan adalah sistem jaringan 3 fasa 380/220V dengan kapasitas daya yang terpasang pada pelanggan jaringan tegangan rendah sebesar 3.500VA s.d. 200kVA.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan khususnya PLN Rayon Rungkut yang berlokasi di Jl. Rungkut Industri VIII No.27 Surabaya. Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester ganjil 2017/2018.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan model perhitungan matematis secara manual. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian
(Sumber : Data Primer, 2018)

Gambar 2. menunjukkan diagram alir penelitian, untuk pengumpulan data di PT. PLN yaitu menggunakan data kapasitas transformator, pembebanan transformator, panjang saluran, kabel distribusi, dan jumlah pelanggan. Tujuan dilakukan analisis perhitungan susut dan efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah ini adalah untuk menghitung besarnya nilai susut dan efisiensi saluran yang terjadi pada setiap persentase (%) kapasitas sistem pembebanan transformator yang berbeda.

Tabel 1. Analisis Pembebanan Transformator

Analisis	Persentase (%) Kapasitas Transformator
1	100%
2	90%
3	80%

Pada Tabel 1. menunjukkan analisis kapasitas sistem pembebanan pada transformator yang berbeda, yang pertama adalah menggunakan analisis kapasitas sistem pembebanan transformator 100%, kedua menggunakan analisis kapasitas sistem pembebanan 90%, dan ketiga menggunakan analisis kapasitas sistem pembebanan 80%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Susut dan Efisiensi Saluran Gardu Distribusi BE1106

Berikut ini adalah tabel hasil nilai susut, daya masuk (P_{in}), daya keluar (P_{out}), dan efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah dalam rentang waktu tiga tahun terakhir yang berada digardu distribusi BE1106.

Tabel 2. Susut dan Efisiensi Saluran Gardu BE1106

Kapasitas Sistem	Waktu	Susut (kW)	Pin (kW)	Pout (kW)	Efisiensi (%)
100%	23/03/2015	6.828,76	488.349,22	481.520,46	98,60
	15/09/2015	29.599,08	1.016.713,68	987.114,59	97,08
	22/04/2016	18.190,27	797.038,20	778.847,92	97,71
	11/09/2016	13.155,15	677.809,12	664.653,97	98,05
	30/05/2017	42.110,70	1.212.706,68	1.170.595,97	96,52
	22/10/2017	46.949,58	1.280.487,60	1.233.538,01	96,33
	Total	156.833,57	5.473.104,52	5.316.270,95	
Max	46.949,58	1.280.487,60	1.233.538,01	98,60	
Min	6.828,76	488.349,22	481.520,46	96,33	
90%	23/03/2015	5.531,29	439.514,30	433.983	98,74
	15/09/2015	23.975,26	915.042,31	891.067,05	97,37
	22/04/2016	14.734,12	717.334,38	702.600,25	97,94
	11/09/2016	10.655,67	610.028,21	599.372,54	98,25
	30/05/2017	34.109,67	1.091.436,01	1.057.326,34	96,87
	22/10/2017	38.029,16	1.152.438,84	1.114.409,67	96,70
	Total	127.035,19	4.925.794,07	4.798.758,88	
Max	38.029,16	1.152.438,84	1.114.409,67	98,74	
Min	5.531,29	439.514,30	433.983	96,70	
80%	23/03/2015	4.370,40	390.679,38	386.308,97	98,88
	15/09/2015	18.943,41	813.370,95	794.427,53	97,67
	22/04/2016	11.641,77	637.630,56	625.988,78	98,17
	11/09/2016	8.419,29	542.247,30	533.828	98,44
	30/05/2017	26.950,85	970.165,35	943.214,49	97,22
	22/10/2017	30.047,73	1.024.390,08	994.342,34	97,06
	Total	100.373,48	4.378.483,62	4.278.110,13	
Max	30.047,73	1.024.390,08	994.342,34	98,88	
Min	4.370,40	390.679,38	386.308,97	97,06	

Pada Tabel 2. hasil nilai daya total yang masuk (P_{in}) selama tiga tahun terakhir pada kapasitas sistem 100%, 90%, dan 80% mencapai 5.473.104,52 kW, 4.925.794,07 kW, dan 4.378.483,62 kW dengan nilai susut total pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah sebesar 156.833,57 kW, 127.035,19 kW, dan 100.373,48 kW. Sedangkan untuk nilai daya total yang keluar (P_{out}) atau

dalam hal ini bisa diasumsikan pelanggan bisnis dan industri adalah bernilai 5.316.270,95 kW, 4.798.758,88 kW, dan 4.278.110,13 kW. Nilai susut total pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah ini adalah yang paling besar yaitu bernilai 156.833,57 kW pada kapasitas sistem 100%, dan nilai efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah ini yang bernilai kecil diantara sampel gardu distribusi lainnya yaitu bernilai 96,33% pada kapasitas sistem 100%.

Susut dan Efisiensi Saluran Gardu Distribusi BE1804

Berikut ini adalah tabel hasil nilai susut, daya masuk (P_{in}), daya keluar (P_{out}), dan efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah dalam rentang waktu tiga tahun terakhir yang berada digardu distribusi BE1804.

Tabel 3. Susut dan Efisiensi Saluran Gardu BE1804

Kapasitas Sistem	Waktu	Susut (kW)	Pin (kW)	Pout (kW)	Efisiensi (%)
100%	23/03/2015	115,26	64.294	64.178,73	99,82
	14/09/2015	149,03	73.108,50	72.959,46	99,79
	22/04/2016	256,56	95.922,50	95.665,93	99,73
	11/09/2016	100,87	60.146	60.045,12	99,83
	29/05/2017	362,82	114.070	113.707,17	99,68
	22/10/2017	421,06	122.884,50	122.463,43	99,65
	Total	1.405,61	530.425,50	529.019,88	
Max	421,06	122.884,50	122.463,43	99,83	
Min	100,87	60.146	60.045,12	99,65	
90%	23/03/2015	93,36	57.864,60	57.771,23	99,83
	14/09/2015	120,71	65.797,65	65.676,93	99,81
	22/04/2016	207,81	86.330,25	86.122,43	99,75
	11/09/2016	81,70	54.131,40	54.049,69	99,84
	29/05/2017	293,88	102.663	102.369,11	99,71
	22/10/2017	341,06	110.596,05	110.254,98	99,69
	Total	1.138,54	477.382,95	476.244,40	
Max	341,06	110.596,05	110.254,98	99,84	
Min	81,7	54.131,40	54.049,69	99,69	
80%	23/03/2015	73,76	51.435,20	51.361,43	99,85
	14/09/2015	95,38	58.486,80	58.391,41	99,83
	22/04/2016	164,19	76.738	76.573,80	99,78
	11/09/2016	64,55	48.116,80	48.052,24	99,86
	29/05/2017	232,20	91.256	91.023,79	99,74
	22/10/2017	269,47	98.307,60	98.038,12	99,72
	Total	899,59	424.340,40	423.440,80	
Max	269,47	98.307,60	98.038,12	99,86	
Min	64,55	48.116,80	48.052,24	99,72	

Pada Tabel 3. hasil nilai daya total yang masuk (P_{in}) selama tiga tahun terakhir pada kapasitas sistem 100%, 90%, dan 80% mencapai 530.425,50 kW, 477.382,95 kW, dan 424.340,40 kW dengan nilai susut total pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah sebesar 1.405,61 kW, 1.138,54 kW, dan 899,59 kW. Sedangkan untuk nilai daya total yang keluar (P_{out}) atau dalam hal ini bisa diasumsikan pelanggan bisnis dan industri adalah bernilai 529.019,88 kW, 476.244,40 kW, dan 423.440,80 kW. Nilai susut total pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah ini adalah yang paling kecil diantara sampel gardu distribusi lainnya yaitu bernilai 899,59 kW pada kapasitas sistem 80%, karena nilai kapasitas dan pembebanan pada transformator distribusi serta arus yang mengalir pada penghantar tersebut sangat kecil.

Susut dan Efisiensi Saluran Gardu Distribusi BE441

Berikut ini adalah tabel hasil nilai susut, daya masuk (P_{in}), daya keluar (P_{out}), dan efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah dalam rentang waktu tiga tahun terakhir yang berada digardu distribusi BE441.

Tabel 4. Susut dan Efisiensi Saluran Gardu BE441

Kapasitas Sistem	Waktu	Susut (kW)	Pin (kW)	Pout (kW)	Efisiensi (%)
100%	16/03/2015	564,32	228.140	227.575,67	99,75
	14/09/2015	947,04	295.545	294.597,95	99,67
	01/03/2016	846,05	279.341,87	278.495,82	99,69
	03/09/2016	449,05	203.511,25	203.062,19	99,77
	30/05/2017	1.018,97	306.563,12	305.544,14	99,66
	21/10/2017	1.418,11	361.653,75	360.235,63	99,60
	Total	5.243,56	1.674.755	1.669.511,43	
Max	1.418,11	361.653,75	360.235,63	99,77	
Min	449,05	203.511,25	203.062,19	99,60	
90%	16/03/2015	457,10	205.326	204.868,89	99,77
	14/09/2015	767,10	265.990,50	265.223,39	99,71
	01/03/2016	685,30	251.407,68	250.722,38	99,72
	03/09/2016	363,73	183.160,12	182.796,38	99,80
	30/05/2017	825,37	275.906,81	275.081,44	99,70
	21/10/2017	1.148,67	325.488,37	324.339,70	99,64
	Total	4.247,29	1.507.279,50	1.503.032,20	
Max	1.148,67	325.488,37	324.339,70	99,80	
Min	363,73	183.160,12	182.796,38	99,64	
80%	16/03/2015	361,16	182.512	182.150,83	99,80
	14/09/2015	606,11	236.436	235.829,88	99,74
	01/03/2016	541,47	223.473,50	222.932,02	99,75
	03/09/2016	287,39	162.809	162.521,60	99,82
	30/05/2017	652,14	245.250,50	244.598,35	99,73
	21/10/2017	907,59	289.323	288.415,40	99,68
	Total	3.355,88	1.339.804	1.336.448,11	
Max	907,59	289.323	288.415,40	99,82	
Min	287,39	162.809	162.521,60	99,68	

Pada Tabel 4. hasil nilai daya total yang masuk (P_{in}) selama tiga tahun terakhir pada kapasitas sistem 100%, 90%, dan 80% mencapai 1.674.755 kW, 1.507.279,50 kW, dan 1.339.804 kW dengan nilai susut total pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah sebesar 5.243,56 kW, 4.247,29 kW, dan 3.355,88 kW. Sedangkan untuk nilai daya total yang keluar (P_{out}) atau dalam hal ini bisa diasumsikan pelanggan bisnis dan industri adalah bernilai 1.669.511,43 kW, 1.503.032,20 kW, dan 1.336.448,11 kW.

Susut dan Efisiensi Saluran Gardu Distribusi BE515

Berikut ini adalah tabel hasil nilai susut, daya masuk (P_{in}), daya keluar (P_{out}), dan efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah dalam rentang waktu tiga tahun terakhir yang berada digardu distribusi BE515.

Tabel 5. Susut dan Efisiensi Saluran Gardu BE515

Kapasitas Sistem	Waktu	Susut (kW)	Pin (kW)	Pout (kW)	Efisiensi (%)
100%	25/04/2015	132,39	92.085,60	91.953,20	99,85
	14/09/2015	105,31	82.130,40	82.025,08	99,87
	03/03/2016	338,55	147.254	146.915,44	99,77
	27/10/2016	266,55	130.662	130.395,44	99,79
	23/05/2017	308,72	140.617,20	140.308,47	99,78
	03/09/2017	431,97	166.334,80	165.902,82	99,74
	Total	1.583,53	759.084	757.500,46	
Max	431,97	166.334,80	165.902,82	99,87	
Min	105,31	82.130,40	82.025,08	99,74	
90%	25/04/2015	107,24	82.877,04	82.769,79	99,87
	14/09/2015	85,30	73.917,36	73.832,05	99,88
	03/03/2016	274,23	132.528,60	132.254,36	99,79
	27/10/2016	215,91	117.595,80	117.379,88	99,81
	23/05/2017	250,06	126.555,48	126.305,41	99,80
	03/09/2017	349,90	149.701,32	149.351,41	99,76
	Total	1.282,66	683.175,60	681.892,93	
Max	349,90	149.701,32	149.351,41	99,88	
Min	85,30	73.917,36	73.832,05	99,76	
80%	25/04/2015	84,73	73.668,48	73.583,74	99,88
	14/09/2015	67,40	65.704,32	65.636,91	99,89
	03/03/2016	216,67	117.803,20	117.586,52	99,81
	27/10/2016	170,59	104.529,60	104.359	99,83
	23/05/2017	197,58	112.493,76	112.296,17	99,82
	03/09/2017	276,46	133.067,84	132.791,37	99,79
	Total	1.013,46	607.267,20	606.253,73	
Max	276,46	133.067,84	132.791,37	99,89	
Min	67,40	65.704,32	65.636,91	99,79	

Pada Tabel 5. Hasil nilai daya total yang masuk (P_{in}) selama tiga tahun terakhir pada kapasitas sistem 100%,

90%, dan 80% mencapai 759.084 kW, 683.175,60 kW, dan 607.267,20 kW dengan nilai susut total pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah sebesar 1.583,53 kW, 1.282,66 kW, dan 1.013,46 kW. Sedangkan untuk nilai daya total yang keluar (P_{out}) atau dalam hal ini bisa diasumsikan pelanggan bisnis dan industri adalah bernilai 757.500,46 kW, 681.892,93 kW, dan 606.253,73 kW. Nilai efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah ini adalah yang paling besar diantara sampel gardu distribusi lainnya yaitu bernilai 99,89% pada kapasitas sistem 80%.

Susut dan Efisiensi Saluran Gardu Distribusi BE1478

Berikut ini adalah tabel hasil nilai susut, daya masuk (P_{in}), daya keluar (P_{out}), dan efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah dalam rentang waktu tiga tahun terakhir yang berada digardu distribusi BE1478.

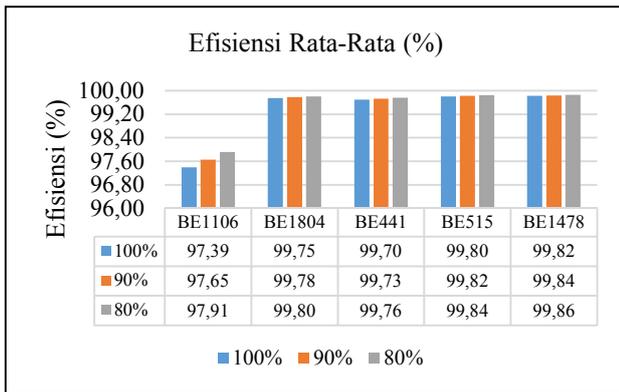
Tabel 6. Susut dan Efisiensi Saluran Gardu BE1478

Kapasitas Sistem	Waktu	Susut (kW)	Pin (kW)	Pout (kW)	Efisiensi (%)
100%	25/04/2015	235,19	160.527,60	160.292,40	99,85
	11/09/2015	301,26	181.682,40	181.381,14	99,83
	01/03/2016	346,89	194.956	194.609,10	99,82
	15/11/2016	369,38	201.178	200.808,61	99,81
	22/04/2017	398,89	209.059,20	208.660,30	99,80
	03/09/2017	426,25	216.110,80	215.684,54	99,80
	Total	2.077,88	1.163.514	1.161.436,11	
Max	426,25	216.110,80	215.684,54	99,85	
Min	235,19	160.527,60	160.292,40	99,80	
90%	25/04/2015	190,50	144.474,84	144.284,33	99,86
	11/09/2015	244,02	163.514,16	163.270,13	99,85
	01/03/2016	280,98	175.460,40	175.179,41	99,83
	15/11/2016	299,20	181.060,20	180.760,99	99,83
	22/04/2017	323,10	188.153,28	187.830,17	99,82
	03/09/2017	345,26	194.499,72	194.154,45	99,82
	Total	1.683,08	1.047.162,60	1.045.479,51	
Max	345,26	194.499,72	194.154,45	99,86	
Min	190,50	144.474,84	144.284,33	99,82	
80%	25/04/2015	150,52	128.422,08	128.271,55	99,88
	11/09/2015	192,80	145.345,92	145.153,11	99,86
	01/03/2016	222,01	155.964,80	155.742,78	99,85
	15/11/2016	236,40	160.942,40	160.705,99	99,85
	22/04/2017	255,29	167.247,36	166.992,06	99,84
	03/09/2017	272,8	172.888,64	172.615,83	99,84
	Total	1.329,84	930.811,20	929.481,35	
Max	272,8	172.888,64	172.615,83	99,88	
Min	150,52	128.422,08	128.271,55	99,84	

Pada Tabel 6. hasil nilai daya total yang masuk (P_{in}) selama tiga tahun terakhir pada kapasitas sistem 100%, 90%, dan 80% mencapai 1.163.514 kW, 1.047.162,60 kW, dan 930.811,20 kW dengan nilai susut total pada saluran distribusi jaringan tegangan rendah sebesar 2.077,88 kW, 1.683,08 kW, dan 1.329,84 kW. Sedangkan untuk nilai daya total yang keluar (P_{out}) atau dalam hal ini bisa diasumsikan pelanggan bisnis dan industri adalah bernilai 1.161.436,11 kW, 1.045.479,51 kW, dan 929.481,35 kW.

Hubungan Kapasitas Sistem Transformator Terhadap Susut dan Efisiensi Saluran

Untuk melihat hubungan antara kapasitas sistem pembebanan transformator dengan nilai susut dan efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah, akan ditampilkan gambar efisiensi saluran rata-rata yang memiliki hubungan berbanding terbalik dengan nilai susut saluran distribusi jaringan tegangan rendah.



Gambar 3. Efisiensi Rata-Rata Transformator

Pada Gambar 3. menunjukkan nilai efisiensi rata-rata saluran distribusi jaringan tegangan rendah yang mempunyai nilai efisiensi saluran terbesar yaitu di gardu BE1478 dengan nilai efisiensi sebesar 99,86%. Sementara nilai efisiensi saluran terkecil berada di gardu distribusi BE1106 dengan nilai efisiensi saluran 97,39%.

Solusi untuk menekan nilai susut dan meningkatkan efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah adalah dengan cara melakukan manajemen beban seperti melakukan pemindahan pemakaian daya listrik yang kurang mendesak dari beban puncak ke luar beban puncak, memasang alat koreksi faktor daya pada jenis pelanggan berdaya listrik besar dan menghimbau pelanggan berdaya listrik cukup besar untuk menggunakan pembangkit daya listrik ditempat (mesin diesel atau genset) pada saat waktu beban puncak. Dengan begini nilai susut dapat dikurangi tanpa harus melakukan penambahan kapasitas sistem transformator yang sangat membutuhkan biaya yang besar.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa besar nilai susut total kapasitas sistem pembebanan transformator 100%, 90%, dan 80% pada masing-masing gardu distribusi memiliki nilai susut total terbesar bernilai 156.833,57 kW pada gardu distribusi BE1106 yang terdapat pada tabel 2, dan yang memiliki nilai susut total terkecil bernilai 899,59 kW yang terdapat pada Tabel 3.

Sedangkan untuk besar nilai efisiensi saluran distribusi jaringan tegangan rendah yang memiliki nilai efisiensi rata-rata terbesar pada saat kapasitas sistem pembebanan transformator 100%, 90% dan 80% adalah bernilai 99,86% pada gardu distribusi BE1478, dan memiliki nilai efisiensi rata-rata terkecil bernilai 97,39% pada gardu distribusi BE1106 yang terdapat pada Gambar 3.

Saran

Berdasarkan simpulan di atas terdapat beberapa saran yang akan disampaikan agar memberikan hasil yang lebih maksimal, yaitu untuk peneliti selanjutnya diharapkan melakukan studi secara berkala dalam menganalisis susut, perlu memperhatikan sistem manajemen pembebanan dan monitoring, serta yang terakhir menggunakan bantuan software agar dapat mempermudah dan menghasilkan perhitungan yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- APEI. 2003. *Materi Kursus Pengembangan Ahli Madya dan Utama*. Jakarta: APEI.
- Hakim, Haris. 2012. *Studi Susut Energi Pada Saluran Distribusi Dengan Variasi Beban Pelanggan Bisnis*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Handoyo, Amir. 2005. *Analisa Perhitungan Susut Teknik pada PT PLN (Persero) UPJ Semarang Tengah*. Jurnal. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang.
- Keputusan Menteri Keuangan Republik Indonesia. Nomor 431/KMK.06/2002 tentang *Tata Cara Perhitungan dan Pembayaran Subsidi Listrik Menteri Keuangan Republik Indonesia*.
- Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Muchtar, dkk. 2017. *Studi Verifikasi Sistem Ketidakseimbangan Beban Pada Jaringan Tegangan Rendah Menggunakan Alat PHB-SR Di Wilayah PLN Area Cempaka Putih*. Jurnal. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Pratiwi, Dolla. 2017. *Analisa Perhitungan Rugi-Rugi Daya pada Feeder Batas Kota PT PLN (Persero) Area Padang Rayon Tabing Menggunakan ETAP 12.6*. Tugas Akhir. Padang: Politeknik Negeri padang.
- Rasyid, Naufaldi. 2017. *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Di PT. PLN (Persero) Rayon Magelang Kota*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Standard Nasional Indonesia (SNI 04-0225-2011) *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)*.
- Suhadi, dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Wicaksono, Hary Setiawan. 2016. *Studi Susut Energi Pada Jaringan Tegangan Rendah Wilayah Banyuwangi Dengan Objek Pelanggan Residensial*. Jurnal. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.