

ANALISIS RUGI-RUGI ENERGI SISTEM DISTRIBUSI PADA GARDU INDUK SEI. RAYA

Agus Hayadi

Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
agushayadi@yahoo.com

Abstrak- Energi listrik yang disalurkan oleh PT. PLN (Persero) tidak seluruhnya dapat disalurkan kepada konsumen, karena akan hilang dalam bentuk susut energi. Untuk menentukan susut KWh suatu sistem tenaga listrik pada dasarnya memerlukan data dan pengukuran lapangan yang banyak, yang pada kenyataannya sulit diperoleh dan dilaksanakan. Perhitungan rugi-rugi energi (susut KWh) dengan menggunakan karakteristik beban yaitu faktor beban dan faktor rugi-rugi menjadi salah satu metode yang dianjurkan dalam penetapan dan realisasi susut jaringan tenaga listrik pada PT. PLN (Persero), sesuai dengan peraturan Direktur Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian energi dan Sumber Daya Mineral nomor 1257 K/20/DJL.3/2013. Dalam perhitungan rugi-rugi energi pada objek penelitian penyulang Raya-2, menggunakan data-data yaitu : energi (KWh) yang telah diproduksi, data beban puncak harian, dan resistansi saluran penyulang. Total energi yang diproduksi untuk penyulang Raya-2 sepanjang tahun 2015 sebesar 22.114.202 KWh. Sedangkan rugi-rugi energi penyulang Raya-2 yang terjadi sepanjang tahun 2015 sebesar 181.635 KWh. Persentase susut energi penyulang Raya-2 pada tahun 2015 sebesar 0,82%. Hal ini menunjukkan bahwa rugi-rugi energi pada penyulang Raya-2 masih dibawah batas normal menurut ketentuan APEI yaitu persentase rugi-rugi energi Sistem Distribusi sebesar 10%, sehingga penyulang Raya-2 masih layak atau dapat dilakukan penambahan pembebanan.

Kata kunci : KWh produksi, faktor beban, beban puncak, faktor rugi-rugi.

1. Pendahuluan

PT.PLN (Persero) adalah penyedia listrik yang ada di Indonesia. Dalam penyaluran daya listrik, tidak seluruhnya dapat disalurkan kepada konsumen, karena akan hilang dalam bentuk rugi-rugi energi. Rugi-rugi pada sistem distribusi tenaga listrik yang biasanya diukur pada kurun waktu tertentu, merupakan salah satu ukuran efisien atau tidaknya suatu pengoperasian sistem tenaga listrik.

Mengingat pentingnya informasi mengenai besarnya rugi-rugi pada suatu jaringan distribusi yang dipergunakan dalam perencanaan pengembangan jaringan, maka studi

mengenai rugi-rugi energi pada sistem jaringan distribusi perlu dilakukan.

Untuk menentukan rugi-rugi energi (KWh) suatu sistem tenaga listrik pada dasarnya memerlukan data dan pengukuran lapangan yang banyak, yang pada kenyataannya sulit diperoleh dan dilaksanakan. Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai usaha perhitungan rugi-rugi energi (KWh) suatu jaringan tegangan menengah pada Gardu induk Sei. Raya yaitu penyulang Raya-2. Dasar pemilihan penyulang Raya-2 sebagai objek penelitian ini disebabkan penyulang Raya-2 merupakan penyulang ekpress yang artinya pada penyulang tersebut tidak terdapat gardu distribusi sehingga analisis dapat difokuskan pada analisis rugi-rugi energi atau rugi-rugi energi (KWh) yang terjadi pada jaringan tegangan menengah (JTM) penyulang Raya-2.

Analisis rugi-rugi energi yang terjadi pada jaringan tegangan menengah (JTM) penyulang Raya-2 memerlukan persiapan data KWh produksi, data beban rata-rata dan beban puncak penyulang tersebut, berbeda dengan penyulang lainnya yang terdapat gardu distribusi dimana rugi-rugi energi pada transformator gardu distribusi harus diperhitungkan sehingga perlu persiapan data konsumsi energi, data beban yang terjadi pada setiap gardu distribusi yang tercatat secara lengkap yang tidak memungkinkan terpenuhi dikarenakan tidak semua gardu distribusi terpasang unit AMR (*Automatic Metering Reading*) yang mencatat pemakaian gardu distribusi secara *real time*.

2. Dasar Teori

2.1. Karakteristik Umum Beban Listrik

Tujuan utama dari sistem distribusi tenaga listrik ialah mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk atau sumber ke sejumlah pelanggan atau beban. Suatu faktor utama yang paling penting, dalam perencanaan sistem distribusi adalah karakteristik dari berbagai beban. Karakteristik beban diperlukan agar sistem tegangan dan pengaruh termis dari pembebanan dapat dianalisis dengan baik. Analisis tersebut termasuk dalam menentukan keadaan awal yang akan di proyeksikan dalam perencanaan selanjutnya. Penentuan karakteristik beban listrik suatu gardu distribusi sangat penting artinya untuk mengevaluasi pembebanan gardu distribusi tersebut, ataupun dalam merencanakan suatu gardu distribusi yang baru. Karakteristik beban ini sangat memegang peranan penting dalam memilih kapasitas

transformator secara tepat dan ekonomis. Di lain pihak sangat penting artinya dalam menentukan rating peralatan pemutus rangkaian, analisa rugi-rugi dan menentukan kapasitas pembebanan dan cadangan tersedia dan suatu gardu. Karakteristik beban listrik suatu gardu sangat tergantung pada jenis beban yang dilayaninya. Hal ini akan jelas terlihat dan hasil pencatatan kurva beban suatu interval waktu. Berikut ini beberapa faktor yang menentukan karakteristik beban. (Suswanto, 2009).

2.2. Faktor Beban (*load factor*)

Faktor beban adalah perbandingan antara beban rata-rata terhadap beban puncak yang diukur dalam suatu periode tertentu. Beban rata-rata dan beban puncak dapat dinyatakan dalam Kilo-Watt, Kilo-VoltAmpere, Ampere dan sebagainya, tetapi satuan dari keduanya harus sama. Faktor beban dapat dihitung untuk periode tertentu biasanya dipakai harian, bulanan atau tahunan.

Beban puncak yang dimaksud disini adalah beban puncak sesaat atau beban puncak rata-rata dalam interval tertentu (demand maksimum), pada umumnya dipakai demand maksimum 15 menit atau 30 menit.

Gambar 1. Kurva Beban
Sumber : Sirait, 2015

$$LF = \frac{\text{Beban rata-rata}}{\text{Beban puncak}} \text{ pu} \quad (1)$$

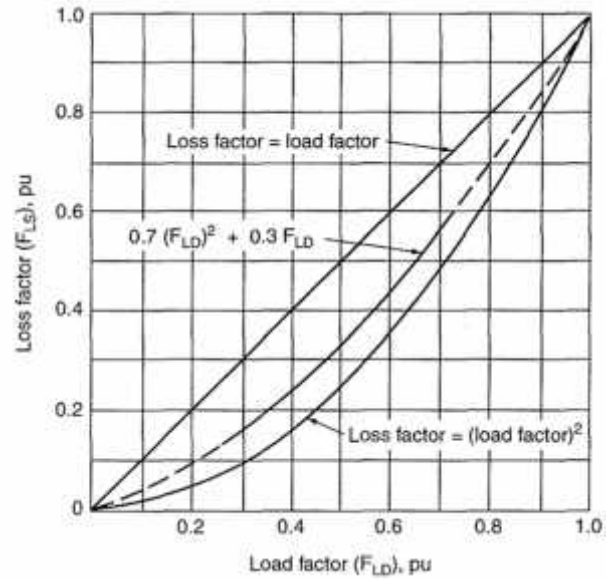
Faktor beban menjadi tidak berarti apa-apa apabila interval waktu antara kebutuhan maksimum dan periode waktu yang diambil rata-ratanya tidak ditentukan (15 menit, 30 menit).

$$LF = \frac{\text{jumlah energi selama periode}}{\text{beban puncak} \times \text{jam periode}} \text{ pu} \quad (2)$$

2.3. Faktor Rugi-Rugi Beban (*loss load factor*)

Faktor Rugi-Rugi Beban (LLF) didefinisikan sebagai perbandingan antara rugi-rugi daya rata-rata terhadap rugi-rugi daya pada beban puncak dalam periode waktu tertentu.

$$LLF = \frac{\text{Rugi-rugi daya rata-rata}}{\text{Rugi-rugi daya beban puncak}} \text{ pu} \quad (3)$$



Gambar 2. Kurva Faktor Rugi-Rugi Sebagai Fungsi Faktor Beban

Sumber : Gonen (2008:51)

Berdasarkan kurva diatas diketahui bahwa terdapat 3 kondisi hubungan faktor rugi-rugi dengan faktor beban, yaitu :

- $LLF = LF$
Keadaan faktor rugi-rugi sama dengan faktor beban terjadi bila beban tetap pada nilai maksimumnya sepanjang waktu tertentu dan nol pada lain waktu selama periode pengamatan. Uraian secara rumus sebagai berikut :

$$LLF = \frac{\text{Rugi - rugi daya rata - rata}}{\text{Rugi - rugi daya beban puncak}}$$

$$LLF = \frac{I^2 R}{I^2 R}$$

$$LLF = \frac{T}{T}$$

$$LLF = LF \quad (4)$$
- $LLF = (LF)^2$
Keadaan faktor rugi-rugi sama dengan kuadrat faktor beban terjadi bila beban yang memiliki puncak tajam dan kemudian nilai mantap wajar untuk sisa periode pengamatan. Uraian secara rumus sebagai berikut :

$$LLF = \frac{\text{Rugi - rugi daya rata - rata}}{\text{Rugi - rugi beban puncak}}$$

$$LLF = \frac{(I_1^2 R) + (I^2 R - I_1^2 R)}{I^2 R}$$

$$LLF = \frac{I_1^2 R}{I^2 R}$$

$$LLF = (LF)^2 \quad (5)$$
- $LLF = 0,7 (LF)^2 + 0,3 (LF)$
Secara umum faktor Rugi-Rugi Beban sebagai berikut

$$LLF = (1 - c) (LF)^2 + c(LF) \quad (6)$$
Kemudian oleh *buller* dan *woodrow* Faktor Rugi-Rugi Beban dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$LLF = 0,7 (LF)^2 + 0,3 (LF) \quad (7)$$

Dimana :

- LF : faktor beban dalam pu
- LLF : faktor rugi-rugi dalam pu
- T : periode waktu dalam jam
- R : resistansi jaringan dalam ohm
- c : konstanta dalam pu

2.4. Rugi-Rugi Beban Puncak

Menurut panduan pengendali susut oleh PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Barat dan Banten, perhitungan rugi-rugi jaringan tegangan menengah pada saat beban puncak dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Rugi\ beban\ puncak = \left[\frac{Beban\ Puncak}{\sqrt{3} V \cos \phi} \right]^2 \times Resistansi \quad (8)$$

2.5. Rugi Rata-Rata

Dengan menggunakan persamaan (8), rugi daya rata-rata pada jaringan tegangan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Rugi\ rata - rata = LLF \times Rugi\ beban\ puncak \quad (9)$$

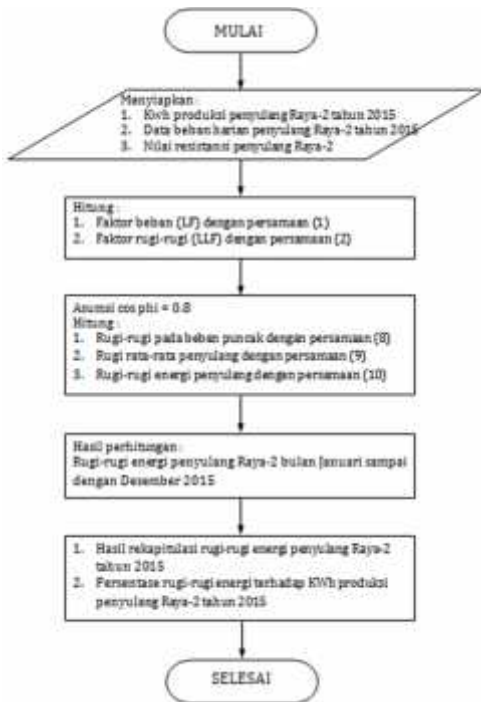
2.6. Rugi-Rugi Energi

Rugi-rugi energi pada jaringan tegangan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Rugi\ energi = rugi\ rata - rata \times jam\ periode \quad (10)$$

2.7. Diagram Alir Perhitungan Rugi-Rugi Energi Penyulang Raya-2

Dalam perhitungan rugi-rugi energi pada penyulang Raya-2 di Gardu Induk Sei. Raya, melalui beberapa tahapan algoritma yang digambarkan pada diagram alir dibawah ini :



Gambar 3. Diagram Alir Perhitungan Rugi-Rugi Energi Penyulang Raya-2

3. Perhitungan dan Analisis

3.1. Data Beban Periode Bulan Januari 2015

Berdasarkan data laporan beban penyulang Raya-2 pada bulan Januari 2015 yang tercatat di Gardu Induk Sei. Raya, besarnya beban dan energi yang dibangkitkan (KWh Produksi) yang terjadi sepanjang bulan Januari 2015, ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1. Beban dan KWh Produksi Penyulang Raya-2 Bulan Januari 2015

NO	Tanggal	Beban Rata-Rata (KW)	Beban Puncak (KW)	KWh Produksi (KWh)
1	01 Januari 2015	1.736	2.635	41.863
2	02 Januari 2015	2.199	2.993	53.102
3	03 Januari 2015	1.818	2.527	43.850
4	04 Januari 2015	1.740	2.785	41.959
5	05 Januari 2015	2.365	3.556	57.132
6	06 Januari 2015	2.585	3.710	62.497
7	07 Januari 2015	2.562	3.647	61.943
8	08 Januari 2015	2.527	3.547	61.074
9	09 Januari 2015	2.500	3.509	60.433
10	10 Januari 2015	2.490	3.522	60.189
11	11 Januari 2015	2.080	3.309	50.201
12	12 Januari 2015	2.287	3.514	55.249
13	13 Januari 2015	2.495	3.597	60.292
14	14 Januari 2015	2.615	3.663	63.210
15	15 Januari 2015	2.669	3.627	64.533
16	16 Januari 2015	2.580	3.671	62.360
17	17 Januari 2015	2.469	3.373	59.658
18	18 Januari 2015	1.931	2.632	46.587
19	19 Januari 2015	2.278	3.474	55.017
20	20 Januari 2015	2.390	3.439	57.754
21	21 Januari 2015	2.081	3.282	50.234
22	22 Januari 2015	2.411	3.444	58.258
23	23 Januari 2015	2.381	3.381	57.529
24	24 Januari 2015	2.416	3.536	58.373
25	25 Januari 2015	2.002	2.965	48.323
26	26 Januari 2015	2.388	3.647	57.699
27	27 Januari 2015	2.681	3.741	64.827
28	28 Januari 2015	2.548	3.705	61.600
29	29 Januari 2015	2.601	3.554	62.871
30	30 Januari 2015	2.555	3.651	61.770
31	31 Januari 2015	2.432	3.274	58.765
Total KWh Produksi (KWh)				1.759.152

3.2. Data Impedansi Jaringan

Data impedansi penyulang pada GI. Sei Raya, ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. Data Impedansi Jaringan pada Penyulang GI. Sei. Raya

No	Penyulang	Tegangan (KV)	Panjang (Km)	Impedansi (Ohm/Km)	Impedansi Total (Ohm)
1	Raya 2	20	10,7	0,202+j0,311	2,1614+j3,3277
2	Raya 4	20	10,7	0,202+j0,311	2,1614+j3,3277
3	Raya 7	20	0,25	0,210+j0,329	0,0525+j0,0822
4	Trans. STN I	150	18	0,137+j0,365	2,4660+j6,5700
5	Trans. STN II	150	18	0,137+j0,365	2,4660+j6,5700

Tabel 2. Data Impedansi Jaringan pada Penyulang GI. Sei. Raya (*lanjutan*)

No	Penyulang	Tegangan (KV)	Parjang (Km)	Impedansi (Ohm/Km)	Impedansi Total (Ohm)
7	Raya 8	20	10,7	0,210+j0,329	2,247+j3,5203
8	Raya 10	20	11	0,210+j0,329	2,310+j3,619
9	Raya 11	20	8,5	0,210+j0,329	1,785+j2,7965

3.3. Perhitungan Rugi-Rugi Penyulang Raya-2 Bulan Januari 2015

Perhitungan rugi-rugi penyulang Raya-2 berdasarkan faktor beban dan faktor rugi-rugi bulan Januari 2015, diuraikan secara sebagai berikut :

1. Rugi-rugi penyulang Raya-2 pada tanggal 01 Januari 2015 :

Diketahui :

KWh Produksi : 41.863 KWh

Beban Puncak : 2.635 KW

Resistansi Penyulang : 2,1614 Ohm

Jumlah Jam Periode : 24 Jam

$$- LF = \frac{\text{Jumlah Energi selama periode}}{\text{beban puncak} \times \text{jumlah jam periode}} = \frac{41.863}{2.635 \times 24} = 0,6620 \text{ pu}$$

$$- LLF = 0,7 \cdot LF^2 + 0,3 \cdot LF = 0,7 \times 0,6620^2 + 0,3 \times 0,6620 = 0,5053 \text{ pu}$$

$$- \text{Rugi beban puncak} = \left[\frac{\text{Beban Puncak}}{\sqrt{3} V \cos \phi} \right]^2 \times \text{Resistansi} = \left(\left[\frac{2,635}{\sqrt{3} \times 20 \times 0,8} \right]^2 \times 2,1614 \right) / 1000 = 19,5416 \text{ KW}$$

$$- \text{Rugi rata - rata} = LLF \times \text{Rugi beban puncak} = 0,5053 \times 19,5416 = 9,8751 \text{ KW}$$

$$- \text{Rugi energi} = \text{Rugi rata - rata} \times \text{Jumlah jam periode} = 9,8751 \times 24 = 237,0013 \text{ KWh}$$

Hasil perhitungan rugi-rugi penyulang Raya-2 bulan Januari 2015, berdasarkan perhitungan diatas secara lengkap dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. Rugi-Rugi Penyulang Raya-2 Bulan Januari 2015

Tanggal	KWh Produksi (KWh)	Beban Puncak (KW)	Faktor Beban (pu)	Faktor Rugi-Rugi (pu)	Rugi Beban Puncak (KW)	Rugi Rata-Rata (KW)	Rugi Energi (KWh)
1	41.863	2.635	0,6620	0,5053	19,5416	9,8751	237,0013
2	53.102	2.993	0,7393	0,6043	25,2123	15,2364	365,6727
3	43.880	2.527	0,7230	0,5828	17,9726	10,4752	251,4042
4	41.959	2.785	0,6278	0,4642	21,8298	10,1329	243,1886
5	57.132	3.556	0,6694	0,5145	35,5896	18,3118	439,4832
6	62.497	3.710	0,7019	0,5554	38,7389	21,5168	516,4037
7	61.943	3.647	0,7077	0,5629	37,4344	21,0714	505,7141
8	61.074	3.547	0,7174	0,5755	35,4097	20,3794	489,1059

Tabel 3. Rugi-Rugi Penyulang Raya-2 Bulan Januari 2015 (*lanjutan*)

Tanggal	KWh Produksi (KWh)	Beban Puncak (KW)	Faktor Beban (pu)	Faktor Rugi-Rugi (pu)	Rugi Beban Puncak (KW)	Rugi Rata-Rata (KW)	Rugi Energi (KWh)
9	60.433	3.509	0,7176	0,5757	34,6550	19,9522	478,8536
10	60.189	3.522	0,7121	0,5685	34,9123	19,8490	476,3753
11	50.201	3.309	0,6321	0,4693	30,8172	14,4640	347,1351
12	55.249	3.514	0,6551	0,4969	34,7538	17,2708	414,4891
13	60.292	3.597	0,6984	0,5510	36,4150	20,0633	481,5183
14	63.210	3.653	0,7190	0,5776	37,7636	21,8119	523,4863
15	64.533	3.627	0,7413	0,6071	37,0250	22,4788	539,4900
16	62.360	3.671	0,7078	0,5630	37,9287	21,3549	512,5169
17	59.658	3.373	0,7370	0,6013	32,0208	19,2528	462,0667
18	46.587	2.632	0,7375	0,6020	19,4972	11,7372	281,6935
19	55.017	3.474	0,6599	0,5028	33,9671	17,0772	409,8526
20	57.754	3.439	0,6997	0,5527	33,2862	18,3963	441,5114
21	50.234	3.282	0,6377	0,4760	30,3163	14,4314	346,3542
22	58.258	3.444	0,7048	0,5592	33,3630	18,6675	448,0205
23	57.529	3.381	0,7090	0,5645	32,1729	18,1630	435,9114
24	58.373	3.536	0,6878	0,5375	35,1904	18,9163	453,9904
25	48.323	2.965	0,6791	0,5265	24,7428	13,0276	312,6636
26	57.699	3.647	0,6592	0,5019	37,4344	18,7902	450,9637
27	64.827	3.741	0,7220	0,5815	39,3890	22,9063	549,7523
28	61.600	3.705	0,6928	0,5438	38,6345	21,0082	504,1960
29	62.871	3.554	0,7371	0,6014	35,5496	21,3810	513,1430
30	61.770	3.651	0,7049	0,5593	37,5166	20,9847	503,6331
31	58.765	3.274	0,7479	0,6159	30,1687	18,5804	445,9302
Total Rugi-Rugi Energi (KWh)							13.381,5319

Berdasarkan tabel 3 diatas, total rugi-rugi energi yang terjadi pada penyulang selama periode tanggal 1 sampai dengan 31 Januari 2015 yaitu sebesar 13.381,5319 KWh.

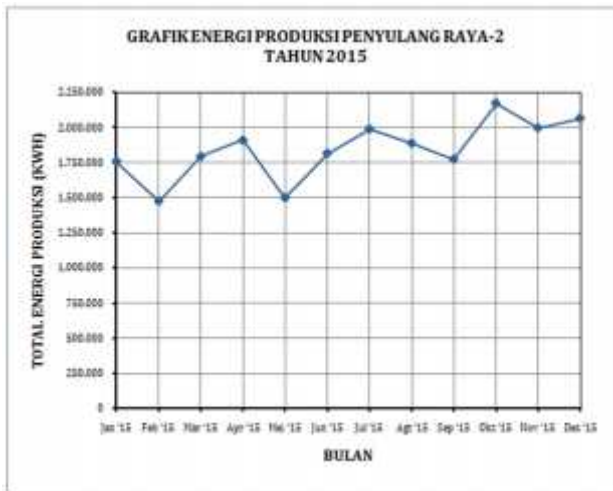
3.4. Analisis Hasil Perhitungan

Dari data KWh produksi dan perhitungan rugi-rugi energi penyulang Raya-2 yang telah dijelaskan diatas, rekapitulasi besarnya beban rata-rata, KWh produksi, total rugi-rugi energi, serta persentase rugi-rugi energi penyulang Raya-2 setiap bulan sepanjang tahun 2015, dapat ditabulasikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. Rekapitulasi Energi Penyulang Raya-2 Tahun 2015

Bulan	Beban Rata-Rata (KW)	Total Energi Produksi (KWh)	Rugi-Rugi Energi (KWh)	Persentase Rugi-Rugi Energi (%)
Januari	2.349	1.759.152	13.381,5319	0,761%
Februari	2.182	1.475.349	10.568,8037	0,711%
Maret	2.393	1.792.925	13.952,1584	0,778%
April	2.631	1.908.596	16.605,2176	0,870%
Mei	2.004	1.499.877	10.516,8755	0,701%
Juni	2.503	1.815.323	14.540,5580	0,801%
Juli	2.652	1.988.172	16.704,9401	0,840%
Agustus	2.519	1.887.295	15.348,1444	0,813%
September	2.446	1.773.312	14.088,1178	0,794%
Oktober	2.896	2.172.176	20.335,6704	0,936%
November	2.751	1.996.076	17.164,0727	0,860%
Desember	2.754	2.064.660	18.429,1261	0,893%

Berdasarkan tabel 4 diatas, besarnya energi produksi (KWh produksi) dan besarnya beban rata-rata yang terjadi pada penyulang Raya-2, dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Grafik Energi Produksi Penyulang Raya-2 Tahun 2015

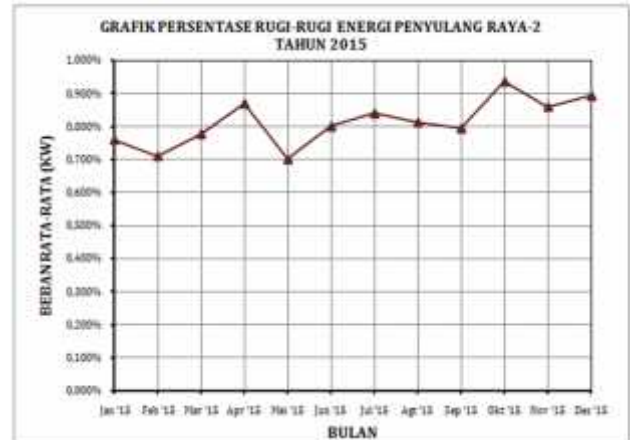


Gambar 5. Grafik Beban Rata-Rata Penyulang Raya-2 Tahun 2015

Dari kedua grafik diatas, dapat dianalisis bahwa pada bulan Januari 2015 total energi yang diproduksi pada penyulang Raya-2 sebesar 1.759.152 KWh dengan beban rata-rata terjadi pada penyulang Raya-2 sebesar 2.349 KW. Pada bulan Mei 2015 energi yang diproduksi pada penyulang Raya-2 turun sebesar 1.499.877 KWh disebabkan penyulang Raya-2 terbebani dengan beban rata-rata 2.004 KW. Pada bulan Oktober 2015 energi yang diproduksi pada penyulang Raya-2 sebesar 2.172.176 KWh dengan beban rata-rata penyulang Raya-2 sebesar 2.896 KW.

Dari analisis diatas dapat disimpulkan bahwa besarnya total energi yang diproduksi untuk penyulang Raya-2 berbanding lurus dengan besarnya beban yang terjadi pada penyulang tersebut.

Berdasarkan tabel 4 diatas, besarnya persentase rugi-rugi energi pada penyulang Raya-2, dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 6. Grafik Persentase Rugi-Rugi Energi Penyulang Raya-2 Tahun 2015

Dari grafik diatas, dapat dianalisis bahwa pada bulan Januari 2015 beban rata-rata pada penyulang Raya-2 sebesar 2.349 KW, dengan persentase rugi-rugi energi terjadi pada penyulang Raya-2 sebesar 0,76%. Pada bulan Mei beban rata-rata pada penyulang Raya-2 turun sebesar 2.004 KW, dengan persentase rugi-rugi energi terjadi pada penyulang Raya-2 sebesar 0,70%. Pada bulan Oktober 2015 beban rata-rata pada penyulang Raya-2 sebesar 2.896 KW, dengan persentase rugi-rugi energi terjadi pada penyulang Raya-2 sebesar 0,94%.

Total energi yang diproduksi untuk penyulang Raya-2 sepanjang tahun 2015 sebesar 22.114.202 KWh. Sedangkan rugi-rugi energi penyulang Raya-2 yang terjadi sepanjang tahun 2015 sebesar 181.635 KWh. Persentase rugi-rugi energi total pada penyulang Raya-2 tahun 2015 sebesar 0,82%. APEI dalam Waluyo (2007:5) mengemukakan bahwa batas normal persentase rugi-rugi energi pada sistem distribusi yaitu sebesar 10%. Hal ini menunjukkan bahwa rugi-rugi energi pada penyulang Raya-2 masih dibawah batas normal menurut ketentuan APEI (Asosiasi Profesionalis Elektrikal Indonesia), sehingga penyulang Raya-2 masih layak atau dapat dilakukan penambahan pembebanan.

4. Kesimpulan

Dari data-data dan perhitungan rugi-rugi energi pada penyulang Raya-2 sepanjang tahun 2015, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Total energi yang diproduksi untuk penyulang Raya-2 sepanjang tahun 2015 sebesar 22.114.202 KWh. Sedangkan rugi-rugi energi penyulang Raya-2 yang terjadi sepanjang tahun 2015 sebesar 181.635 KWh.
2. Persentase susut energi penyulang Raya-2 pada tahun 2015 sebesar 0,82%. Susut energi terbesar penyulang Raya-2 terjadi pada bulan Oktober 2015, dengan KWh produksi sebesar 2.172.176 KWh, dan rugi-rugi energi yang terjadi sebesar 20.336 KWh.
3. Persentase rugi-rugi energi total pada penyulang Raya-2 tahun 2015 sebesar 0,82%. Hal ini

menunjukkan bahwa rugi-rugi energi pada penyulang Raya-2 masih dibawah batas normal menurut ketentuan APEI (Asosiasi Profesionalis Elektrikal Indonesia) sebesar 10%, sehingga penyulang Raya-2 masih layak atau dapat dilakukan penambahan pembebanan.

4. Rugi-rugi energi berbanding kuadrat dengan besarnya beban yang dipikul oleh Jaringan Tegangan Menengah.

Referensi

- [1] Gonen, Turan. 2008, *Electrical Power Distribution System Engineering Second Edition*. New York : Taylor & Francis Group.
- [2] Purba, Bayu Pradana Putra, 2014. *Estimasi Analisa Perhitungan Susut Teknis Dengan Pendekatan Kurva Beban Pada Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Medan Kota*. Medan : Singuda Ensikom Departement Teknik Elektro FT-USU.
- [3] Perdirjen Ketenagalistrikan. 2013. *Tata Cara Permohonan dan Penetapan Realisasi Susut Jaringan Tenaga Listrik Pada PT. PLN (Persero)*. Jakarta : Kementerian ESDM RI.
- [4] PLN. 2010. *Kriteria Desain Enjineri Kontruksi Jaringan Distribusi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : PT. PLN (Persero)
- [5] Sitorus, Jhon Palmer, 2014. *Estimasi Rugi-Rugi Energi Pada Sistem Distribusi Radial 20 KV (Studi Kasus Penyulang KI.4 Mawas GI. Kim*. Medan : Singuda Ensikom Departement Teknik Elektro FT-USU
- [6] Sirait, Bonar. 2015. *Diktat Kuliah Sistem Distribusi*. Pontianak : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- [7] [8] Suswanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang : Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- [8] Tim Analisa Susut, 2007. *Panduan Pengendali Susut*. Bandung : PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Barat dan Banten.
- [9] Waluyo, dkk, 2007. *Perhitungan Susut Daya Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah Saluran Udara dan Kabel*. Bandung : Jurnal Sains dan Teknologi Emas Vol.17, 3 Agustus 2007.

Biography

Agus Hayadi, lahir di Mempawah pada tanggal 3 Agustus 1987. Menempuh Pendidikan Program Strata I (S1) di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 2010. Penelitian ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro konsentrasi Teknik Tenaga Listrik Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.