

Analisa Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Di PT. PLN (Persero) Area Manado 2017

Josafat Mangundap, Sartje Silimang, Hans Tumaliang

Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

Email: mangundap_josafat@yahoo.co.id, sartje.silimang@gmail.com, hans_tumaliang@gmail.com

Abstract— The distribution of electrical energy originating from the plant and distributed to consumer should be effective, efficient and reliable. Review from these criteria, in the generation of electrical energy must be done rationally and economically. In the distribution network the amount of electrical energy that reaches the load is not the same as the amount of electrical energy generated due to the losses of energy. Loss on the power system network is also caused by uneven loadings between the three phase systems, the heat generated on the channel conductor and the transformer, as well as the heat generated in the bad conductor joints (loss contact). The calculation is very difficult due to the different loading conditions of the system at any time in accordance with the needs of consumers of electric power systems. Thus, the amount of loss is different from time to time, so the total loss of electric power every month and every day is different, therefore it takes an accurate calculation method to calculate the power loss of medium voltage distribution network in PT. PLN Manado City.

Keywords: *Distribution of electrical energy, Energy losses, Phase system, Power system.*

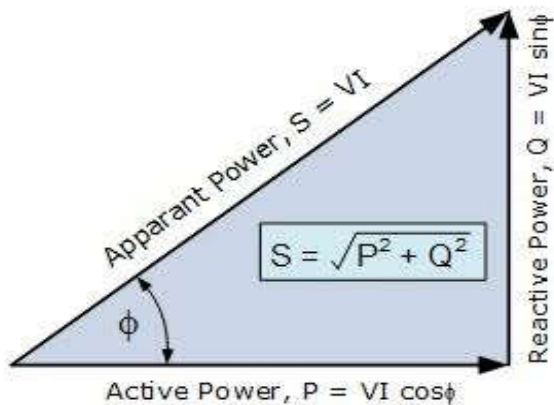
Abstrak— Distribusi energi listrik yang berawal dari pembangkit dan diakhiri dengan penggunaan oleh konsumen haruslah bersifat efektif, efisien dan dapat diandalkan. Melihat dari kriteria tersebut maka dalam pembangkitan energi listrik serta distribusi energi listrik haruslah dilakukan secara rasional dan ekonomis. Pada jaringan distribusi jumlah energi listrik yang sampai ke beban tidak sama dengan jumlah energi listrik yang dibangkitkan karena terjadi susut atau rugi-rugi (*losses*) energi. Rugi rugi pada jaringan sistem tenaga listrik juga disebabkan oleh pembebanan yang tidak seimbang antara ketiga sistem fasa, panas yang timbul pada konduktor saluran maupun transformator, serta panas yang timbul pada sambungan konduktor yang buruk (*losscontact*). Perhitungan sangat sukar karena kondisi pembebanan sistem yang berbeda setiap saat sesuai dengan kebutuhan konsumen sistem tenaga listrik. Dengan demikian besar rugi-ruginya berbeda dari waktu ke waktu, sehingga total rugi daya listrik setiap bulan dan setiap harinya berbeda-beda, karena itu dibutuhkan suatu metode perhitungan yang akurat untuk menghitung rugi daya jaringan distribusi tegangan menengah di PT. PLN khusus Area Manado.

Kata Kunci : Distribusi energi listrik, Rugi-rugi energi, Sistem fasa, Sistem tenaga.

I. PENDAHULUAN

Distribusi energi listrik yang berawal dari pembangkit dan diakhiri dengan penggunaan oleh konsumen haruslah bersifat efektif, efisien dan dapat diandalkan. Melihat dari kriteria tersebut maka dalam pembangkitan energi listrik serta distribusi energi listrik haruslah dilakukan secara rasional dan ekonomis. Pada jaringan distribusi Jumlah energi listrik yang sampai ke beban tidak sama dengan jumlah energi listrik yang dibangkitkan karena terjadi susut atau rugi-rugi (*losses*) energi. Hal ini disebabkan oleh berbagai hal yaitu jarak antara pembangkit dan konsumen yang berjauhan sehingga pada peralatan listrik jaringan distribusi mengalami rugi-rugi serta peralatan yang sudah berumur. Rugi rugi pada jaringan sistem tenaga listrik juga disebabkan oleh pembebanan yang tidak seimbang antara ketiga fasa system, panas yang timbul pada konduktor saluran maupun transformator, serta panas yang timbul pada sambungan konduktor yang buruk (*losscontact*). Rugi energi listrik juga dipengaruhi oleh penuruan listrik yang dilakukan oleh oknum tertentu Penentuan jumlah rugi-rugi yang tepat setiap bulan merupakan kebutuhan pengoprasi system tenaga listrik yang paling mendesak atau dengan kata lain menggunakan rugi energi sama dengan rugi daya pada beban puncak dikalikan faktor rugi dikalikan dengan jumlah jam dari periode tersebut.

Perhitungan sangat sukar karena kondisi pembebanan sistem yang berbeda setiap saat sesuai dengan kebutuhan konsumen sistem tenaga listrik. Dengan demikian besar rugi-ruginya berbeda dari waktu ke waktu, sehingga total rugi daya listrik setiap bulan dan setiap harinya berbeda-beda, karena itu dibutuhkan suatu metode perhitungan yang akurat untuk menghitung rugi daya jaringan distribusi tegangan menengah di PT. PLN khusus Area Manado.



Gambar 5. Segitiga Daya

- 1) Jaringan dengan satu sumber pengisian: cara penyaluran ini merupakan yang paling sederhana. Gangguan yang timbul akan menyebabkan pemadaman.
- 2) Jaringan dengan beberapa sumber pengisian: keandalanya lebih tinggi. Dilihat dari segi ekonomi investasinya lebih mahal karena menggunakan perlengkapan penyaluran yang lebih banyak. Pemadaman akibat gangguan dapat diiadakan atau setidaknya-tidaknya dapat dikurangi.

Struktur jaringan secara umum ada 3 bentuk yaitu:

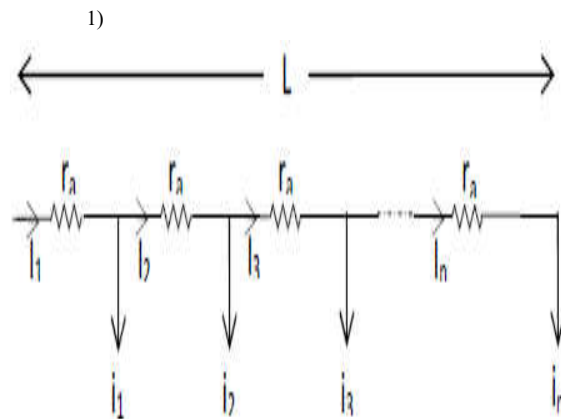
- 1) *Radial* (Lihat Gambar 2)
- 2) *Lingkar* (*Loop*) (Lihat Gambar 3)
- 3) *Spindel* (Lihat Gambar 4) [Saadat, 1999]

Pemilihan struktur jaringan tegangan menengah (JTM) tergantung pada kualitas pelayanan yang diinginkan, dimana kualitas yang dimaksud memiliki beberapa unsur yaitu: Kontinuitas pelayanan, pengaturan tegangan dan tegangan kedip yang diizinkan.

C. Kawat Penghantar

Kawat penghantar merupakan bahan yang digunakan untuk menghantarkan tenaga listrik pada sistem saluran udara dari Pusat Pembangkit ke Pusat-Pusat Beban, baik langsung menggunakan jaringan distribusi ataupun jaringan transmisi terlebih dahulu. Penghantar SUTM dipasang di udara terbuka dengan tiang penyangga serta lengan-lengan pemegang. Kabel-kabel yang biasa digunakan adalah :

- 1) *AAAC* (*All Aluminium Alloy Conductor*)
- 2) *ACSR* (*All Conductor Steel Reinforced*)
- 3) *ACAR* (*All Conductor Alloy Reinforced*) [Hamzah, 2011]



Gambar 6. Distribusi Arus Beban Distribusi Merata

D. Resistansi Beban Tidak Simetris

Karena besar I (arus beban) ditentukan oleh besar R (beban), maka pada keadaan 3Φ : $R_R \neq R_S \neq R_T$, maka arus bebannya: $I_R \neq I_S \neq I_T$. Akibat lanjutnya adalah: bila resistansi saluran dianggap sama dengan R , maka rugi tegangan yang terjadi pada sistem 3Φ adalah $I_R R \neq I_S R \neq I_T R$ atau $V_R \neq V_S \neq V_T$ dan rugi daya $I_R^2 R \neq I_S^2 R \neq I_T^2 R$ atau $P_R \neq P_S \neq P_T$ sehingga: $V(T)_R \neq V(T)_S \neq V(T)_T$ dimana $V(T)$ = tegangan pada sisi terima (konsumen). Kondisi tak simetris pada tegangan sisi terima akibat tidak simetrisnya beban ini adalah suatu hal yang paling sering terjadi dalam praktek, antara lain oleh adanya sambungan-sambungan di luar perhitungan dan perencanaan. [Wrahatnolo, 2008]

E. Daya Pada Rangkaian Tiga Fasa

Dilihat dari gambar 5, daya merupakan banyaknya perubahan tenaga terhadap waktu dalam besaran tegangan dan arus. Satuannya adalah watt. Daya dalam watt yang diserap oleh suatu beban pada setiap saat adalah hasil kali jatuh tegangan sesaat diantara beban dalam volt dengan arus sesaat yang mengalir dalam beban tersebut adalah ampere. Guna keperluan analisa, daya dalam sirkuit arus bolak-balik, dirinci lagi sesuai dengan tipe dari daya tersebut. Faktor daya merupakan rasio antara daya (dalam satuan watt) terhadap perkalian antara tegangan dan arus (dalam satuan VA) yang berbeda fase, disebabkan reaktansi rangkaian, termasuk alat yang merupakan beban. [Santoso, 2011]

F. Beban Setimbang Terdistribusi Merata

Pada gambar 6 diberikan contoh distribusi arus pada fasa R dari sistem distribusi tiga fasa, dimana beban

yang terhubung adalah beban-beban satu fasa setimbang terdistribusi merata. Rugi-rugi daya dan rugi-rugi tegangan pada jaringan distribusi yang dinyatakan pada gambar 4, dapat diturunkan seperti di bawah ini. Perubahan rugi-rugi daya sebagai fungsi perubahan tahanan (dr) adalah

$$d\Delta P = I(x)^2 dr$$

Dengan

$$dr = \rho \frac{dx}{A}$$

Sehingga

$$d\Delta P = I(x)^2 \rho$$

Dengan mengintegrasikan persamaan diatas, maka rugi-rugi daya total pada jaringan sepanjang L ditunjukkan pada persamaan (2) yaitu

$$\begin{aligned} \Delta P &= \int_0^L I(x)^2 \rho \frac{dx}{A} \\ &= \frac{\rho}{A} \int_0^L \left[\frac{I_1(L-x) + I_n x}{L} \right]^2 dx \\ &= \rho \frac{L}{3A} (I_1^2 + I_1 I_n + I_n^2) \end{aligned}$$

Maka

$$\Delta P = 1/3 (I_1^2 + I_1 I_n + I_n^2) R \quad (2)$$

Karena beban setimbang dan jika tahanan kawat jaringan dari ketiga kawat fasa adalah sama, sehingga rugi-rugi daya total pada jaringan distribusi yang beban-bebannya terdistribusi merata ditunjukkan oleh persamaan (3) [Siregar, 2017]

$$\begin{aligned} P_{loss \text{ total}} &= 3.1/3 (I_1^2 + I_1 I_n + I_n^2) R \\ &= (I_1^2 + I_1 I_n + I_n^2) R \end{aligned} \quad (3)$$

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Data yang diperlukan untuk penelitian dilakukan selama 30 hari. Penelitian dimulai dari tanggal 1 November 2017 sampai dengan 30 November 2017. Tempat penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) Area Manado. Khusus untuk kota Manado sendiri. Perhitungan dan analisa penelitian dilakukan di rumah dan di Laboratorium Tenaga Listrik Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado.

B. Prosedur Penelitian

Prosedur Penelitian yang dilakukan dimulai dan terdiri dari tahap-tahap berikut :

- 1) Pengumpulan data dari buku-buku, internet dan referensi lainnya sebagai bahan tolak ukur.
- 2) Mempelajari *Single Line Diagram* Kota Manado.
- 3) Pengambilan data Distribusi di PT. PLN (Persero) Area Manado.
- 4) Melakukan pengelempokan dan pengolahan data yang diperoleh.
- 5) Melakukan analisa dan perhitungan rugi-rugi daya jaringan distribusi dengan rumus yang telah ditentukan.

C. Faktor Beban Setiap Penyulang

Lihat Tabel I, menunjukkan nilai faktor beban setiap penyulang. Faktor beban merupakan hasil dari perbandingan antara beban rata-rata dan beban puncak dalam periode tertentu. Faktor beban diharapkan setinggi mungkin (mencapai nilai 1) agar besar perbandingan antara beban rata-rata dan beban puncaknya adalah sama.

D. Panjang Penghantar Setiap Penyulang

Lihat tabel II, panjang penghantar berdasarkan hasil perhitungan manual dari sumber data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Area Manado yang berbentuk model rangkaian aplikasi ETAP. Panjang penghantar memengaruhi rugi-rugi energi listrik, karena dipengaruhi oleh suhu dari luar luar dan dalam lingkungan. Diluar lingkungan suhu penghantar dipengaruhi oleh suhu udara, sedangkan didalam suhu penghantar dipengaruhi oleh rambat aliran listrik. Panjang penghantar juga memengaruhi tingkat kerugian daya yang diperoleh

TABEL I
FAKTOR BEBAN SETIAP PENYULANG

Penyulang	Faktor Beban
SN 1 Grand Kawanua	1
SN 2 Mapanget	1
SR 1 Wori	0,80
SR 2 Bandara	0,81
SR 3 Komo	0,73
SR 4 Bandara	0,83
SR 5 Pacuan	0,81
SR 6 Tuminting	0,83
SR7 Grand Kawanua	0,79
SR 8 Tikala	0,81
SL 1 Koka	0,57
SL 2 Toar	0,82
SL 3 Megamas	0,58
SL 4 Sario	0,72
SL 6 Pakowa	0,84
SL 8 Winangun	0,859
SL 9 Sea	0,819
SL 10 Mantos 3	0,551
SL 11 Sario	0,673

TABEL III
PANJANG PENGHANTAR SETIAP PENYULANG

Penyulang	Panjang Penghantar (Km)
SN 1 Grand Kawanua	33,305
SN 2 Mapanget	20,449
SR 1 Wori	82,663
SR 2 Bandara	11,5
SR 3 Komo	14,045
SR 4 Bandara	54,901
SR 5 Pacuan	24,400
SR 6 Tuminting	31,270
SR7 Grand Kawanua	22,371
SR 8 Tikala	8,195
SL 1 Koka	21,088
SL 2 Toar	11,823
SL 3 Megamas	4,613
SL 4 Sario	3,7
SL 6 Pakowa	15,258
SL 8 Winangun	32,477
SL 9 Sea	28,51
SL 10 Mantos 3	5
SL 11 Sario	16,307

TABEL IIIII
FAKTOR KOREKSI SUHU PENGHANTAR

Suhu (derajat Celcius)	Faktor Koreksi
20	1,000
21	0,996
22	0,992
23	0,988
24	0,984
25	0,980
26	0,977
27	0,973
28	0,969
29	0,965
30	0,962
31	0,958
32	0,954
33	0,951
34	0,947
35	0,943
36	0,940
37	0,934
38	0,933
39	0,929
40	0,926

E. Faktor Koreksi Penghantar

Lihat tabel III, nilai dari faktor koreksi penghantar berdasarkan suhu pada umumnya ditentukan instansi berdasarkan hasil ukur suhu dari penghantar atau konduktor. Faktor koreksi memengaruhi rugi daya karena faktor koreksi digunakan untuk melakukan perhitungan rugi daya listrik yang dipengaruhi oleh tingkatan periode yang ditentukan.

F. Perhitungan Rugi Beban Puncak Saluran Distribusi

Dalam perhitungan rugi beban puncak terlebih dahulu kita harus mencari berapa besar nilai dari beban puncak. Berdasarkan rumus (4) :

$$P_{peak} = (E \text{ In JTM} / t) / LF \tag{4}$$

Dimana,
E In JTM = kWh produksi per penyulang
LF = Faktor Beban
t = Waktu (jam)

Rugi Beban Puncak (persamaan (5)) yang disebabkan oleh arus beban yang mengalir pada penghantar adalah: [Senen, 2010]

$$P_{loss} = I^2 \times R \tag{5}$$

$$P_{loss} = I^2 \times R \times L \times Fk$$

Dimana,
I = Arus (Ampere)
R = Resistansi (Ohm)
L = Panjang saluran (km)
Fk = Faktor koreksi berdasarkan asumsi

G. Faktor Rugi

Faktor Rugi beban adalah perbandingan antara rugi daya rata-rata dengan rugi beban puncak pada suatu periode tertentu atau didefinisikan pada persamaan (6) :

$$Fr = \frac{R_{pr}}{R_{pp}} \tag{6}$$

Dimana:
Rpp = Rugi beban puncak pada periode pengamatan dalam kWh
Rpr = Rugi daya rata-rata pada periode pengamatan dalam kWh

Untuk menghitung Fr (persamaan (7)) dapat pula dilakukan dengan rumus pendekatan “**Buller dan Woodrow**” yaitu : [Alfredo, 2016]

$$Fr = 0.3.Fb + 0.7.Fb^2 \tag{7}$$

Dimana:
Fb = Faktor Beban

H. Rugi Energi Listrik Pada Sistem Distribusi

Dalam menentukan rugi energi pada saluran distribusi, cara yang dilakukan adalah dengan membandingkan energi yang disalurkan oleh gardu induk dengan energi yang terjual dalam selang waktu tertentu dengan menurunkan atau mengansumsikan nilai faktor rugi, maka rugi energi dalam periode tertentu didapat dari hubungan persamaan (7) berikut:

$$E_{loss} = P_{loss} \times Fr \times t \text{ (Dalam kWh)} \tag{7}$$

Dimana:

TABEL IVV
NILAI BEBAN PUNCAK SETIAP PENYULANG

Penyulang	Beban Puncak (kW)
SN 1 Grand Kawanua	5.815,6 kW
SN 2 Mapanget	5.011,79 kW
SR 1 Wori	6.050,74 kW
SR 2 Bandara	1.118,9 kW
SR 3 Komo	7.459,17 kW
SR 4 Bandara	2.999,96 kW
SR 5 Pacuan	6.783,35 kW
SR 6 Tuminting	7.241,09 kW
SR7 Grand Kawanua	3.715,23 kW
SR 8 Tikala	223,63 kW
SL 1 Koka	2.725,04 kW
SL 2 Toar	6.140,67 kW
SL 3 Megamas	4.765,11 kW
SL 4 Sario	8.365,82 kW
SL 6 Pakowa	7.361,41 kW
SL 8 Winangun	4.499,93 kW
SL 9 Sea	7.112,78 kW
SL 10 Mantos 3	2.931,36 kW
SL 11 Sario	6.394,3 kW

TABEL VI
FAKTOR RUGI SETIAP PENYULANG

Penyulang	Faktor Rugi Setiap Penyulang
SN 1 Grand Kawanua	1
SN 2 Mapanget	1
SR 1 Wori	0,688
SR 2 Bandara	0,70227
SR 3 Komo	0,59203
SR 4 Bandara	0,73123
SR 5 Pacuan	0,70227
SR 6 Tuminting	0,73123
SR7 Grand Kawanua	0,67387
SR 8 Tikala	0,70227
SL 1 Koka	0,398
SL 2 Toar	0,71668
SL 3 Megamas	0,40948
SL 4 Sario	0,57888
SL 6 Pakowa	0,7459
SL 8 Winangun	0,7757
SL 9 Sea	0,71668
SL 10 Mantos 3	0,3778
SL 11 Sario	0,519

TABEL V
NILAI RUGI BEBAN PUNCAK SETIAP PENYULANG

Penyulang	Rugi Beban Puncak (kW)
SN 1 Grand Kawanua	356,872 kW
SN 2 Mapanget	51,64 kW
SR 1 Wori	897,909 kW
SR 2 Bandara	1,66 kW
SR 3 Komo	236,89 kW
SR 4 Bandara	516,44 kW
SR 5 Pacuan	221,99 kW
SR 6 Tuminting	117,29 kW
SR7 Grand Kawanua	29,11 kW
SR 8 Tikala	41,12 kW
SL 1 Koka	20,73 kW
SL 2 Toar	58,45 kW
SL 3 Megamas	42,83 kW
SL 4 Sario	58,46 kW
SL 6 Pakowa	440,274 kW
SL 8 Winangun	327,72 kW
SL 9 Sea	226,086 kW
SL 10 Mantos 3	78,53 kW
SL 11 Sario	26,53 kW

TABEL VII
NILAI RUGI ENERGI LISTRIK SETIAP PENYULANG

Penyulang	Rugi Energi Listrik (kWh)
SN 1 Grand Kawanua	256.949,28 kWh
SN 2 Mapanget	37.177,92 kWh
SR 1 Wori	444.788,19 kWh
SR 2 Bandara	837,33 kWh
SR 3 Komo	100.975,41 kWh
SR 4 Bandara	271.898,7 kWh
SR 5 Pacuan	112.244,76 kWh
SR 6 Tuminting	61.753,59 kWh
SR7 Grand Kawanua	14.123,28 kWh
SR 8 Tikala	20.793,72 kWh
SL 1 Koka	5.940,39 kWh
SL 2 Toar	30.160,26 kWh
SL 3 Megamas	12.625,92 kWh
SL 4 Sario	24.367,29 kWh
SL 6 Pakowa	236.448,27 kWh
SL 8 Winangun	183.032,94 kWh
SL 9 Sea	116.662,56 kWh
SL 10 Mantos 3	21.361,68 kWh
SL 11 Sario	9.910,002 kWh

E_{loss} = Rugi Energi Listrik (kWh)

P_{loss} = Rugi Daya Beban Puncak (Watt)

Fr = Faktor Rugi

t = Waktu (jam)

Rugi energi dalam persen adalah rugi energi yang dinyatakan dalam presentase dari energi yang dikirim atau disalurkan dalam periode waktu yang sama. Untuk rugi energi dalam persen didefinisikan sebagai persamaan (8) berikut: [Senen, 2010]

$$\text{Rugi energi dalam \%} = \frac{\text{Susut / Rugi energi}}{\text{Energi yang disalurkan GI}} \times 100\% \quad (8)$$

III. HASIL

A. Perhitungan Beban Puncak dan Rugi Beban Distribusi Setiap Penyulang

Lihat tabel IV untuk nilai beban puncak dan lihat tabel V untuk nilai rugi beban puncak. Menggunakan persamaan yang telah ditentukan maka diperoleh nilai analisa dan perhitungan sebagai berikut. Dengan periode waktu 720 jam atau 1 bulan. Ditentukan perhitungannya satu bulan disesuaikan dengan data yang telah diperoleh oleh perusahaan.

TABEL VIII
 PERSENTASE RUGI ENERGI LISTRIK PENYULANG

Penyulang	Persentase Rugi Energi Listrik (%)
SN 1 Grand Kawanua	6.1 %
SN 2 Mapangget	1.03 %
SR 1 Wori	12.8 %
SR 2 Bandara	0.13 %
SR 3 Komo	2.6 %
SR 4 Bandara	15.2 %
SR 5 Pacuan	2.84 %
SR 6 Tuminting	1.4 %
SR7 Grand Kawanua	0.67 %
SR 8 Tikala	15.9 %
SL 1 Koka	0.5 %
SL 2 Toar	0.83 %
SL 3 Megamas	0.64 %
SL 4 Sario	0.56 %
SL 6 Pakowa	5.3 %
SL 8 Winangun	6.6 %
SL 9 Sea	2.8 %
SL 10 Mantos 3	1.84 %
SL 11 Sario	0.32 %

B. Perhitungan Energi Listrik Dan Persentase Rugi Energi Listrik Setiap Penyulang

Lihat Tabel VI untuk faktor rugi setiap penyulang. Faktor rugi memengaruhi nilai dari rugi energi listrik. Tabel VII untuk nilai rugi energi listrik setiap penyulang dan Tabel VIII untuk nilai persentase rugi energi listrik setiap penyulang. Persentase rugi energi listrik didasarkan pada penyulang itu sendiri. Perhitungan nilai rugi energi listrik dilakukan dalam waktu 1 bulan atau 720 jam. Hasil perhitungan dan analisa dilakukan hanya untuk menghitung dan menganalisa nilai persentase rugi energi listrik secara teknis. Perhitungan di luar perhitungan non teknis karena dianggap memiliki data yang tidak pasti. Perhitungan sendiri digunakan data absolut dari perusahaan yang terkait yaitu PT. PLN (Persero) Area Manado. Dikhususkan hanya untuk kota Manado yang memiliki 4 gardu induk dan 19 penyulang, yang terbagi masing-masing untuk setiap gardunya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dan perhitungan maka diperoleh kesimpulan dan saran sebagai berikut. Kesimpulan diambil didasarkan atau digunakan dasar sebagai jawaban atas tujuan masalah atau pokok masalah yang diketahui

- 1) Jumlah rugi teknis energi listrik keseluruhan yang diperoleh dari hasil perhitungan dan analisa

berdasarkan data hasil penelitian pada PT. PLN (Persero) Area Manado adalah sebesar 1.962.051,492 kWh.

- 2) Jumlah persentase rugi teknis energi listrik kota Manado yang diperoleh dari hasil perhitungan dan analisa berdasarkan data hasil penelitian pada PT. PLN (Persero) Area Manado adalah sebesar 3,6 %. Dibandingkan dengan standard persentase rugi teknis tegangan menengah yaitu 3,0 %. Kota Manado masih kelebihan 0,6 %
- 3) Dari hasil perhitungan dan analisa diperoleh bahwa penyulang yang memiliki rugi teknis energi listrik paling besar adalah penyulang SR 1 Wori dengan besar 444.788,19 kWh dan persentase 12,8 % terhadap penyulang itu. Kemudian rugi teknis energi listrik yang paling kecil adalah SR 2 Bandara dengan besar 837,33 kWh dan persentase 0,13 % terhadap penyulang itu sendiri.

B. Saran

- 1) Panjang saluran harus diseimbangkan atau dibagi secara merata, atau luas penampang saluran lebih diperbesar agar menghasilkan kerugian yang lebih kecil, atau dengan kata lain meminimalisir kerugian daya dan energi.
- 2) Menambah gardu hubung untuk memperkecil jarak penghantar agar kerugian daya tidak terlalu besar.
- 3) Melakukan tindakan pemeliharaan jaringan baik itu secara berkala ataupun *accident*.

V. KUTIPAN

- [1]. D. Alfredo. (2016), *Analisa Perhitungan Susut Daya Dan Energi Dengan Pendekatan Kurva Beban Pada Jaringan Distribusi PT. PLN (PERSERO) Area Pekanbaru*. Riau. *Jom FTEKNIK Volume 3 No.2*. 2016. 1-6
- [2]. Hamzah. *Teknik Tenaga Listrik Dasar*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu. 2011
- [3]. Santoso; Rahamdi. *Teori Dasar Rangkaian Listrik*. Yogyakarta: Penerbit LaksBang Mediatama. 2011
- [4]. Saadat. Hadi. *Power System Analysis*. USA Publisher : Kevin Kane. 1999
- [5]. Senen, Adri. (2010). *Studi Perhitungan Dan Analisa Rugi-Rugi Jaringan Distribusi (Studi Kasus: Daerah Kampung Dobi Padang)*. Riau. LPPM-Politeknik Bengkalis. 1-9
- [6]. Siregar. *Perhitungan Pendekatan Rugi-Rugi Daya dan Tegangan Jaringan Distribusi Tegangan Rendah*. 2017
- [7]. Wrahatnolo ; Suhadi. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik. Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan; Direktorat Jendral Management Pendidikan Dasar dan Menengah; Departement Pendidikan Nasional. 2008



Josafat Mangundap lahir 14 September 1995, pada tahun 2013 memulai Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2015. Dalam menempuh Pendidikan penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek yang bertempat di PLTA Tonsea Lama Sulawesi Utara pada tanggal Juni 2016 dan selesai melaksanakan Pendidikan di Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado tahun 2017, minat penelitiannya adalah tentang Analisa Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi di PT. PLN (Persero) Area Manado Tahun 2017.