

ANALISIS POTENSI PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK PADA KANTOR PT SWABINA GATRA – TUBAN JAWA TIMUR

Siti Maria Ulfa¹, Bambang Dwi Sulo², Sugiono³

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, Jl. MT. Haryono 193 Malang

E-mail : sitimariaulfaa@gmail.com

ABSTRAKSI

Untuk mengatasi KHA yang telah melampaui 80% KHA serta ketidakseimbangan beban perlu dilakukan regrouping. Beban yang telah melampaui 80% KHA diantaranya Ruang Server sebesar 83,9%; Ruang PEP4 sebesar 81,9% dan ruang Istirahat 2 sebesar 95,9%. Serta beban yang memiliki ketidakseimbangan paling besar adalah Pentry yang mencapai 50%. Setelah di regrouping terjadi pembebanan lebih seimbang serta KHA bisa turun dibawah 80%. Ketidakseimbangan menyebabkan rugi-rugi saluran menjadi besar karena pada kawat netral mengalir arus. Selain itu jatuh tegangan yang terjadi pada sisi beban memiliki nilai besar bila dibandingkan jatuh tegangan dengan menggunakan pendekatan perhitungan. Dengan pengukuran jatuh tegangan terbesar terjadi pada beban Ruang Server pada fasa T sebesar 17 volt. Sehingga dari beberapa hal diatas dapat dicari nilai peningkatan efisiensi energi listrik secara teknis dan konversinya dalam bentuk rupiah.

Kata Kunci : rugi – rugi energi, KHA, tegangan

I. Latar Belakang

Penghematan energi listrik dewasa ini sangat perlu diperhatikan. Hal ini terkait terbatasnya pasokan energi listrik dari PLN serta meningkatnya tarif listrik yang akhirnya berdampak semakin tinggi biaya yang dikeluarkan. Untuk itu kita harus lebih bijaksana dalam mengatasi masalah tersebut.

Demikian juga pemakaian energi listrik di Kantor PT Swabina Gatra – Tuban – Jawa Timur yang memiliki banyak peralatan listrik masih belum efisien. Hal ini diketahui dari data di lapangan, bahwa telah terjadi jatuh tegangan di titik terjauh lebih dari 5% dan ketidakseimbangan beban mencapai 60%

II. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara menghitung rugi - rugi energi listrik sesuai dengan data-data yang didapatkan ?
2. Bagaimana penggunaan beban listrik sesuai dengan data peralatan-peralatan elektrik di Kantor PT Swabina Gatra – Tuban – Jawa Timur ?

III. Ruang Lingkup

Pembahasan dalam penelitian ini mempunyai ruang lingkup :

- a. Mengevaluasi kemampuan hantar arus (KHA) penghantar.
- b. Mengevaluasi pembagian beban.

- c. Mengevaluasi jatuh tegangan
- d. Mengevaluasi rugi-rugi saluran

IV. Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan permasalahan ini dibatasi dengan asumsi sebagai berikut :

1. Analisa kebutuhan daya listrik yang dilakukan pada penerangan sehingga diperoleh penghematan energi listrik.
2. Tidak membahas tentang harmonisa
3. Analisa ini hanya dilakukan di Kantor PT Swabina Gatra – Tuban.

V. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai peningkatan efisiensi energi listrik secara teknis tanpa mengurangi faktor keamanan serta didapatkan nilai konversinya dalam bentuk rupiah.

VI. Tinjauan Pustaka

1. Suplai Daya Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada suatu perusahaan harus disesuaikan dengan keadaan produktivitas perusahaan itu sendiri, yang paling penting adalah kontinuitas dan keandalan yang tinggi dalam pelayanannya. Tenaga listrik sangat penting dalam proses produksi, maka sumber tenaga listrik ini harus dijaga dari adanya berbagai macam

gangguan. Tenaga listrik yang digunakan berasal dari :

- Suplai jaringan dari PLN
- Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) atau Generator Set

2. Sistem Instalasi Listrik

Sistem instalasi tenaga listrik adalah proses penyaluran daya listrik yang dibangkitkan dari sumber tenaga listrik ke alat – alat listrik.

Kemampuan Hantar Arus (KHA) pengaman dan luas penampang yang diperlukan tergantung pada beban yang dihubungkan. Untuk menentukan hantar arus pengaman dan luas penampang penghantar yang diperlukan, pertama menentukan arus yang dipakai berdasarkan daya beban yang dihubungkan. Rumus yang digunakan adalah (P. Van Harten, 1992;144)

Untuk Arus Searah

$$I = \frac{P \text{ (watt)}}{V \text{ (volt)}} \text{ [ampere]} \dots\dots\dots (1)$$

Untuk Arus Bolak – Balik Satu Fasa

$$I = \frac{P \text{ (watt)}}{V \text{ (volt)} . \cos \theta} \text{ [ampere]} \dots\dots\dots (2)$$

Untuk Arus Bolak Balik Tiga Fasa

$$I_L = \frac{P \text{ (watt)}}{\sqrt{3} . V_{L-L} \text{ (volt)} . \cos \theta} \text{ [ampere]} \dots\dots\dots (3)$$

3. Transformator

Transformator adalah suatu peralatan listrik dalam sistem bolak balik (AC) yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan atau arus dari satu nilai ke nilai lain yang diinginkan. Transmisi daya listrik biasanya dilakukan dengan sistem tegangan tinggi karena dengan sistem tegangan tinggi dapat menekan rugi – rugi daya, rugi – rugi tegangan (drop tegangan), dan penampang konduktor yang digunakan akan lebih kecil sehingga biaya lebih murah. (Abdul Kadir, 1989; 25)

4. AMF (Automatic Main Failure) dan ATS (Automatic Transfer Switch)

AMF merupakan alat yang berfungsi menurunkan downtime dan meningkatkan keandalan sistem catu daya listrik. AMF dapat mengendalikan transfer Circuit Breaker (CB) atau alat sejenis, dari catu daya utama (PLN) ke catu daya cadangan (Genset) dan sebaliknya. ATS merupakan pelengkap dari AMF dan bekerja secara bersama – sama.

(<http://dunia-listrik.blogspot.com>)

5. Panel ACOS

ACOS (Automatic Change Over Switch) merupakan panel pengendalian generator dan terdapat beberapa tombol yang masing – masing mempunyai fungsi yang berbeda. Tombol pengontrol operasi Gen Set Automatic antara lain yaitu Off, Automatic, Trial Service, Manual Service, Manual Starting, Manual Stopping, Signal Test, Horn Off, Release, Start, Start Fault, Engine Running, Supervision On, Low Oil Pressure, Temperature Too High, Generator Over Load. (<http://dunia-listrik.blogspot.com>)

6. Langkah Peningkatan Efisiensi Energi Listrik

Di dalam perencanaan walaupun sesuai dengan standar yang ada, tetapi dalam pengoperasiannya sering terjadi bahwa kondisi sistem operasi kurang sesuai dengan yang direncanakan. Untuk itu segera diambil tindakan agar losses dapat turun. Hal tersebut merupakan salah satu contoh strategi jangka pendek.

Strategi jangka pendek pada dasarnya memperbaiki efisiensi yang rendah menjadi tinggi. Strategi ini dapat dilakukan secara berurutan. Bila efisiensi rendah, maka untuk menaikkan efisiensi langkah pertama adalah mencari lokasi losses yang tinggi tersebut terjadi. Kemudian menginventarisasi sumber hilang energi (losses) baik teknis maupun non teknis. Dengan melakukan pengamatan dan pengukuran maka akan diketahui sumber yang memberikan kontribusi terhadap tingginya hilang energi, sehingga dapat diambil tindakanantisipasi untuk menaikkan efisiensi.

Strategi jangka panjang pada dasarnya adalah mencegah agar hilang energi yang rendah tidak menjadi tinggi sehingga efisiensi tetap tinggi. Pada dasarnya strategi ini menyangkut keseluruhan proses pengelolaan sistem.

Konstruksi disini merupakan tes layak uji (*comisioning test*). Setelah konstruksi, ada tiga hal yang tidak bisa dipisahkan satu dengan lainnya. Yang pertama pengoperasian, berhubungan dengan sistem informasi jaringan (pelaksanaan yang dianjurkan) sehingga akan didapatkan efisiensi yang maksimal.. Yang kedua pemeliharaan. Hal tersebut sangat penting sekali di dalam menjaga kestabilan sistem, dapat dilakukan dengan pengawasan pemeliharaan. Untuk yang terakhir, perusahaan bisnis. Ini bisa dilakukan pada jaringan listrik PLN yang berhubungan langsung dengan konsumen (sistem pembacaan meter, administrasi, sistem informasi pelanggan).

Bila strategi jangka panjang ini tidak dilakukan atau dilakukan tanpa pengendalian yang baik maka akan terjadi penurunan efisiensi yang tidak diinginkan. Sebagai contoh akan terjadi jatuh tegangan pada dari sumber ke beban sehingga permasalahan tersebut memberikan kontribusi yang tinggi. Hal tersebut dapat terjadi karena beberapa kemungkinan antara lain kurang baiknya perkiraan beban atau kurangnya data-data informasi mengenai sistem.

Secara teoritis hilang energi yang dikenal hanyalah hilang energi teknik, yaitu energi listrik yang tak dimanfaatkan karena didisipasikan menjadi panas, yaitu hilang energi I^2Rt , arus eddy dan histerisis magnetis. Namun kenyataannya hilang energi non teknik terjadi, hal tersebut disebabkan pencatatan meter yang salah, ketidaksamaan data lapangan dengan data administrasi, pola pemakaian peralatan listrik yang tidak sesuai dan lain-lain.

Tabel 1: Contoh Sumber Losses, Indikator dan Standardnya

No	Sumber Losses	Indikator	Standard
Losses Teknik			
1	Panjang Jaringan	Km jaringan-Km	MvaKm
2	Konduktor	Tahanan jenis-ohm/km	Sesuai SNI
3	Konektor	Temperatur-derajat celcius	
4	Pengetanan	Tahanan-ohm	Maximum 5
5	Gardu bagi TR	Temperatur-derajat celcius	Maximum 45
6	Beban lebih	Besar beban-ampere	Nominal
7	Tegangan ujung	Turunnya tegangan-%	Maximum 10
8	Keseimbangan Beban	Beban kawat netral-%	Maximum 10
Losses Non Teknik			
1	Proses penyambungan	Lama penyambungan-hari	10,30,100
2	Pembacaan meter	Jam nyala rata-rata	Data statistik
3	Manajemen tang & segel	SOP	Ada dan dijalankan
4	Manajemen kunci gardu	SOP	Ada dan dijalankan
5	Sistem pengawasan	Keamanan	Aman dan terkoordinasi

6	Pemakaian tidak sah	Prosentase	Rendah
---	---------------------	------------	--------

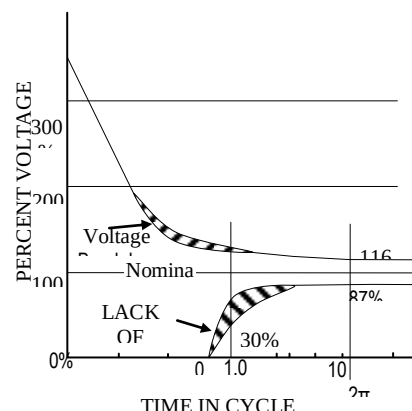
(Sumber: Seminar Losses Energi, 2004)

7. Tegangan

Tegangan harus konstan supaya kualitas daya listrik baik, tetapi pada kenyataannya tidaklah selalu konstan dimana suatu tegangan naik dan suatu saat tegangan turun. Toleransi tegangan naik atau turun yang diijinkan berdasarkan IEEE Std. 446 “*Recommended Practice for Emergency and Standby Power System for Industrial and Commercial Applications*” adalah -13% s/d +16%. Dan toleransi tegangan naik turun menurut PLN adalah $\pm 5\%$ (saluran distribusi) dan $\pm 10\%$ (saluran transmisi).

Gambar 1. Toleransi Naik Turun Tegangan Yang Diijinkan

Sumber: Mohan 1994



Diasumsikan tegangan sistem (nominal) 100%. Batas atas tegangan nominal yang diijinkan + 16% menjadi 116% dan batas bawah yang diijinkan -13% menjadi 87%. Jika tegangan naik diatas 116%, maka tegangan tersebut akan tembus (daerah yang diarsir). Dan bila melebihi daerah yang diarsir akan terjadi tembus total berdampak ke faktor keamanan. Sedangkan bila tegangan kurang dari 87% akan mengalami kehilangan energi.

Rentang tegangan nominal yang diijinkan adalah 330,6 V $\leq V_n \leq 402,8$ V. Nilai ini diperoleh dari persamaan (1)

$$V_b = V_n - 13\%V_n \quad (4)$$

$$V_a = V_n + 16\%V_n \quad (5)$$

7.1 Jatuh Tegangan (Voltage Drop)

Jatuh tegangan adalah nilai penurunan tegangan akibat adanya rugi-rugi pada jaringan listrik atau perbedaan tegangan antara sisi kirim dan sisi terima pada faktor daya tertentu dan dalam keadaan beban nominal.

$$V_D = Z \cdot I \quad (6)$$

Dalam persamaan (6) nilai Z ditentukan oleh instalasi yang sudah ada. Dengan demikian nilainya tetap selama

jaringan listrik tidak mengalami perubahan, sehingga nilai jatuh tegangan ditentukan oleh arus beban. Semakin besar beban, maka jatuh tegangannya semakin besar. Selain beban yang berlebihan, jatuh tegangan dapat disebabkan karena penggunaan kabel yang jelek. Panjang penghantar, luas penampang penghantar serta temperatur juga mempengaruhi besarnya jatuh tegangan.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (7)$$

Tahanan listrik (resistansi) adalah besaran yang menyatakan hambatan dari bahan konduktor penghantar dalam menyalurkan arus listrik. Data dari pabrik tersedia resistansi pada suhu 20°C.

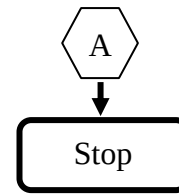
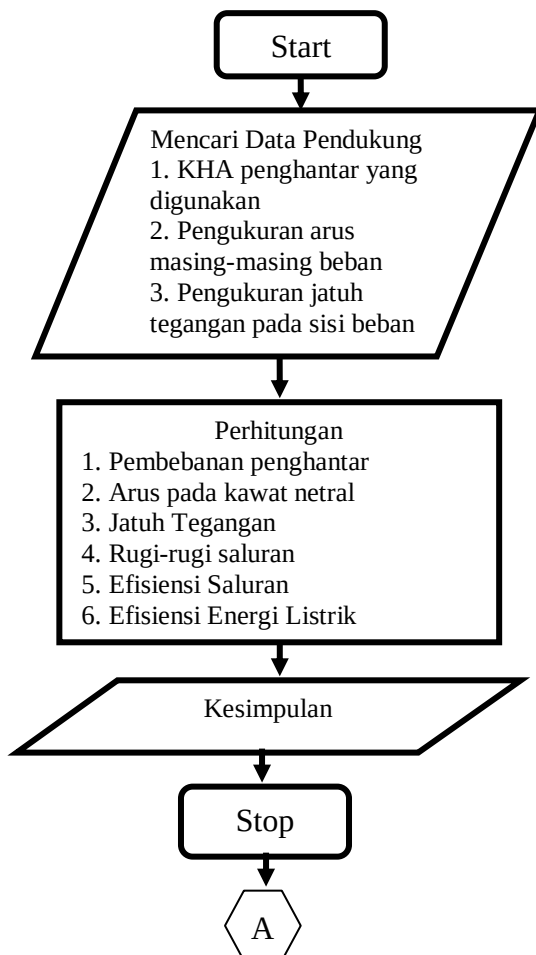
$$R_t = R_{20} [1 + \alpha (t_t - t_{20})] \quad (8)$$

Untuk mengetahui jatuh tegangan dalam persen digunakan rumus:

$$V_D (\%) = \frac{|V_s| - |V_R|}{|V_s|} \times 100\% \quad (9)$$

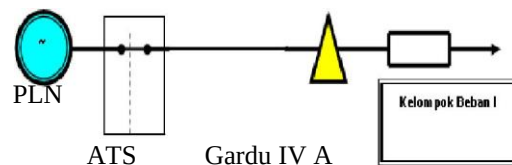
VII. Metode Penelitian

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah studi literatur dan pengukuran langsung di lapangan, yaitu Kantor PT Swabina Gatra - Tuban
Metode ini dilaksanakan berdasarkan diagram alur berikut,



Gambar 2. Diagram Alur Peningkatan Efisiensi Energi Listrik

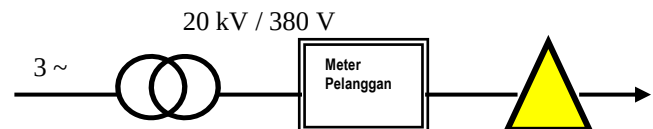
VIII. Analisis



Gambar 3

Diagram Satu Garis Kantor PT Swabina Gatra – Tuban (Sumber : Buku Pelayanan Umum Tuban)

Meter pelanggan terletak pada sisi *output* trafo, sehingga rugi-rugi pada trafo diabaikan.



Gambar 4.7

Letak Meter Pengukuran Gardu IV A

Dari data hasil penelitian, selanjutnya dapat dilakukan analisis,

- ❖ Ketidakseimbangan beban dan cadangan,
- ❖ *Regrouping* dan penyeimbangan beban,
- ❖ Arus kawat netral,
- ❖ Jatuh tegangan
- ❖ Rugi-rugi saluran,
- ❖ Efisiensi saluran,
- ❖ Efisiensi energi listrik.

Disamping itu akan digunakan asumsi-asumsi dalam perhitungan, khususnya pada perhitungan arus netral.

Berikut adalah tingkat pembebanan masing penghantar setiap kelompok beban:

Tabel 2 :
Tingkat Pembebanan Penghantar Terhadap KHA dan
Arus Rata-rata

No	Beban	KHA (A)	Pembebanan Penghantar (%)			
			I _R	I _S	I _T	I _{rata}
1	Ruang Kemananan	207	10,6	8,7	8,7	9,3
2	Ruang K3	61	68	67,5	67,7	67,7
3	Ruang PEP4	61	45,4	103,1	97,2	81,9
4	Ruang Cek Finger	108	38,2	43,2	44,1	41,8
5	Lobby	108	18,5	18,5	18,5	18,5
6	Ruang Tamu	61	24,6	49,2	65,6	46,5
7	Ruang Direksi	44	46,8	60,7	57,7	55,1
8	Ruang Utama	450	20,7	20,5	19,7	20,3
	Ruang Rapat	82	43,9	69,8	67,1	60,3
19	Ruang Server	82	55,6	99,4	96,6	83,9
10	Pentry	61	37,1	45,6	122,9	68,5
11	Musola	44	50,2	51,1	50,7	50,7
12	Kamar Mandi 1	44	45,5	45,5	45,5	45,5
13	Kamar Mandi 2	44	45,5	45,5	45,5	45,5
14	Gudang 1	44	34,1	113,6	68,2	71,9
15	Gudang 2	82	92,9	85,9	75	84,6
16	Gudang 3	44	13,2	73,2	99,6	62
17	Gudang 4	207	19,9	20,8	21,5	20,7
18	Gudang 5	207	14,6	25,5	19,5	19,9
19	Gudang 6	44	67,9	61,6	67,7	65,7
20	Ruang Pelayanan Umum	82	55,9	91,6	90,4	79,3
21	Ruang Istirahat 1	44	42,9	73,4	84,3	66,9
22	Ruang Istirahat 2	61	48,2	125,4	114,1	95,9
23	Ruang P4	82	58,2	83,3	72,2	71,2
24	Tempat Parkir	207	15,9	14,7	15,4	15,3
25	Ruang Kemananan	207	10,6	8,7	8,7	9,3

Keterangan

: melebihi
80 %
KHA

Dari Tabel 2 dapat diamati bahwa nilai rata-rata arus beban (arus keseimbangan definitif) pada kelompok beban umumnya masih dibawah nilai KHA penghantar (100%). Namun demikian untuk faktor keamanan dan mengacu pada PUIL 2000, sebaiknya penghantar dibebani tidak lebih dari 80% KHA dari penghantarnya. Bila mengacu pada PUIL 2000, maka ada beberapa beban yang arus rata-ratanya sudah melampaui 80% KHA penghantar. Kelompok beban yang arus rata-ratanya telah melampaui 80% KHA penghantar dan besarnya prosentase kelebihanannya.

1. Regrouping dan Penyeimbangan Beban

Ada beberapa cara untuk mengatasi pembebanan penghantar yang melebihi 80 % dan 100%, yaitu:

- ❖ *Regrouping* dilakukan sebagai usaha penyeimbangan beban arus masing-masing fasa dari beban yang ada. *Regrouping* dilakukan hanya pada beban satu fasa.
- ❖ Penambahan beban diarahkan dari satu penghantar fasa yang bebannya masih rendah.
- ❖ Mengganti penghantar fasa dengan KHA lebih besar bila KHA (80% atau 100%) dilampaui.

Cara yang pertama merupakan alternatif yang paling tepat dilakukan, karena setiap adanya penambahan beban baik kecil maupun besar semuanya mengacu pada cara tersebut.

Untuk melakukan *regrouping*, perlu dilakukan beberapa langkah berikut yaitu,

- a. Menghitung jumlah cadangan (C) seluruh fasa (R,S,T) pada setiap kelompok beban, dengan rumus,

$$C = I_R + I_S + I_T \quad (\%) \quad (10)$$
- b. Apabila nilai cadangan (C) positif, maka penyeimbangan beban secara rata dapat dilakukan, yaitu dengan menggunakan rumus,

$$I_{rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (\%) \quad (11)$$

- c. Dalam penyeimbangan beban, nilai I_{rata} merupakan beban baru bagi setiap fasa dalam kondisi yang diseimbangkan, sehingga

$$I_R = I_S = I_T = I_{rata}$$
- d. Apabila nilai cadangan (C) negatif, penyeimbangan secara rata tidak dapat dilakukan. Tetapi langkah untuk menjadikan lebih seimbang dapat dilakukan, yaitu dengan memperkecil selisih beban diantara fasa-fasanya. Sebaiknya beban tertinggi dari setiap fasa sama dengan 80 % nilai KHA.

Setelah *diregrouping*, terdapat beberapa beban yang mengalami *overload*, yang ditunjukkan pada Tabel 3.

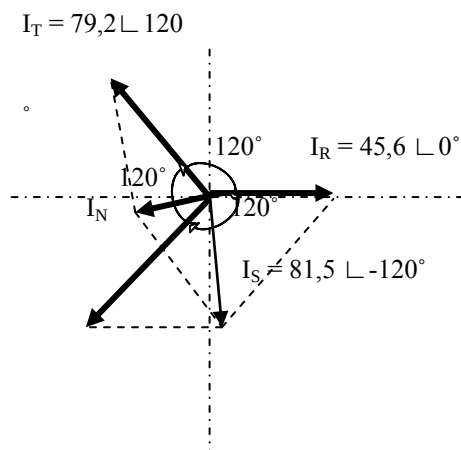
Tabel 3 : Beban-beban *Regrouping* yang Mengalami Overload

No	Beban	Kelebihan Cadangan (%)
1	Ruang Istirahat 2	-47,7
2	Gudang 2	-13,8
3	Ruang Server	-11,6

Pada Tabel 3, pada ketiga beban tersebut setelah dilakukan *regrouping* masih mengalami kelebihan pembebanan lebih dari 80% KHA yang sebelumnya ada empat beban memiliki kelebihan pembebanan (sebelum *regrouping*). Sehingga untuk kedepan jika ada penambahan beban pada beban-beban ini perlu dilakukan penggantian penghantar KHA yang lebih besar. Penggantian penghantar juga harus diikuti penggantian pengamanan, seperti MCB dan sekering baru yang sesuai.

3. Arus Balik pada Kawat Netral (I_N)

Akibat adanya ketidakseimbangan beban, maka pada kawat netral akan mengalir arus yang dinamakan arus balik. Pada Kantor PT Swabina Gatra - Tuban terjadi pembebanan yang tidak merata.



Gambar 3. Diagram Fasor Ruang Server

Pada Gambar 5, menunjukkan diagram fasor pada beban Ruang Server. Beda fasa diasumsikan 120° .

Dari gambar tersebut dapat dicari arus netralnya, yaitu dengan rumus

$$I = I_N = I_R + I_S + I_T \quad (12)$$

dimana,

$$I_R = 45,6 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$= 45,6 + j 0$$

$$I_S = 81,5 \angle -120^\circ \text{ A}$$

$$= -40,75 - j 70,58$$

$$I_T = 79,2 \angle 120^\circ \text{ A}$$

$$= -39,6 + j 68,59$$

Sehingga arus netral yang mengalir pada beban Ruang Server adalah

$$\begin{aligned} I_N &= (45,6 + j 0) + (-40,75 - j 70,58) \\ &+ (-39,6 + j 68,59) \\ &= -34,75 - j 1,99 \\ &= 34,81 \angle -176,72^\circ \end{aligned}$$

Besar dari arus netral (I_N) adalah 34,81 A.

Selanjutnya dapat dihitung faktor ketidakseimbangan beban (F_K) yang diukur terhadap nilai arus rata-ratanya. Faktor ketidakseimbangan beban (F_K) untuk Ruang Server dengan arus rata-rata sama dengan 68,8 A dapat dihitung, yaitu

$$\begin{aligned} F_K &= \frac{I_N}{I_{\text{Rata-rata}}} \times 100\% \quad (13) \\ &= \frac{34,81 \text{ A}}{68,8 \text{ A}} \times 100\% = 50,6\% \end{aligned}$$

Dengan menggunakan analogi perhitungan yang sama didapatkan arus kawat netral (I_N) dan faktor ketidakseimbangan beban (F_K) pada beban lain yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Table 4 : Arus Kawat Netral dan Faktor Ketidakseimbangan pada Kelompok Beban

No	Beban	I_N (A)	I_{rata} (A)	F_K (%)
1	Pentry	49,99	41,8	119,4
2	Ruang Istirahat 2	44,06	58,5	75,3
3	Ruang Server	34,81	68,8	50,6
4	Ruang PEP4	38,53	49,9	77,2
5	Gudang 3	33,73	27,3	123,6
6	Gudang 1	30,41	31,7	95,9
7	Ruang Pelayanan Umum	28,71	65	44,2
8	Ruang Tamu	21,79	28,3	76,9
9	Ruang Rapat	20,19	49,4	40,9
10	Gudang 5	19,52	41,2	46,6
11	Ruang P4	17,88	58,4	30,6
12	Ruang Istirahat 1	16,53	29,4	56,2
13	Gudang 2	12,83	69,4	18,5
14	Ruang Cek Finger	6	45,2	13,3
15	Ruang Direksi	5,57	24,2	23
16	Gudang 6	2,57	28,9	8,9
17	Musola	0,35	22,3	1,6
18	Ruang K3	0,27	41,3	0,7
19	Kamar Mandi 1	0	20	0
20	Kamar Mandi 2	0	20	0
21	Ruang	6,16	31,2	19,7

	Keamanan			
22	Ruang Utama	4,06	91,3	4,5
23	Gudang 4	2,78	42,9	6,5
24	Tempat Parkir	2,18	31,8	6,9
25	Lobby	0	20	0

Mengacu pada Tabel 4, arus netral yang terbesar terjadi pada beban Pentry sebesar 49,99 A dan memiliki F_K diatas 100%, yaitu sebesar 119,4% yang artinya ketidakseimbangan paling besar terjadi pada beban ini. Sedangkan secara keseluruhan, total arus netral (I_N) pada beban kelompok adalah 398.92 A yang memiliki faktor ketidakseimbangan beban sebesar 94,1%. Dengan nilai F_K yang cukup besar ini, perlu dilakukan penyeimbangan beban guna menurunkan faktor ketidakseimbangan (F_K) sekecil mungkin (idealnya = 0). Pada kenyataannya nilai F_K sama dengan nol sulit dilakukan mengingat banyaknya beban yang terpasang di kantor PT SBG.

Faktor ketidakseimbangan (F_K) beban rata-rata masih dibawah 20%, yaitu F_K terbesar 19,7% pada Ruang Keamanan yang memiliki arus 6,16 A. Sedangkan arus netral paling kecil sebesar 2,18 A terjadi pada Tempat Parkir yang memiliki F_K 6,9%. Ini menandakan bahwa arus netral pada setiap beban relatif kecil

4. Jatuh tegangan (ΔV)

Pada kondisi sekarang dan setelah beban diseimbangkan, jatuh tegangan menggunakan pendekatan perhitungan nilainya sangat kecil. Tetapi berdasarkan pengukuran jatuh tegangan yang terjadi nilainya sangat besar. Hal ini dikarenakan pada perhitungan, untuk mencari nilai resistansi hanya berdasarkan R saluran saja sehingga nilainya kecil. Sedangkan pada pengukuran, nilai R sangat besar karena terjadi *lose contact*. Banyaknya penyambungan serta penyambungan kurang tepat juga dapat mempengaruhi jatuh tegangan, sehingga perlu dilakukan *maintenance* yang tepat agar dapat mengurangi jatuh tegangan yang terjadi. Bisa dilakukan dengan membersihkan penyambungan-penyambungan antar penghantar, mengencangkan kembali sambungan-sambungan.

5. Rugi saluran (P_{RS})

Rugi-rugi tersebut (P_{RS}) merupakan rugi akibat energi listrik yang tak dimanfaatkan karena didisipasikan menjadi panas. Untuk itu terlebih dahulu diketahui parameter masing-masing beban dalam perhitungannya.

Pada kondisi sekarang, rugi saluran pada masing beban sebesar 179,7 W, sedangkan pada kondisi setelah beban diseimbangkan sebesar 139,62 W. Berarti terdapat selisih 40,08 W. Dengan kondisi setelah beban diseimbangkan maka sistem akan semakin baik karena rugi saluran semakin kecil, sehingga nantinya terdapat peningkatan efisiensi saluran.

Berdasarkan nilai rugi-rugi saluran pada kondisi sekarang, dapat dihitung efisiensi saluran (η), yaitu

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{P_{OUT}}{P_{OUT} + P_{RUGI-RUGI}} \quad (14)$$

Meter pelanggan terletak pada sisi *output* trafo, sehingga rugi-rugi pada trafo diabaikan.

Pemakaian daya total pada kelompok beban sebesar 685,314 VA dan mempunyai $\cos \phi$ sistem 0,95 terbelakang. Sehingga dapat dicari nilai daya (P), yaitu :

$$\begin{aligned} P &= S \times \cos \phi \\ &= 685,314 \text{ VA} \times 0,95 \\ &= 651,048,3 \text{ W} \approx 651,048 \text{ kW} \end{aligned} \quad (15)$$

Total pemakaian daya (P_{OUT}) di Kantor PT Swabina Gatra - Tuban adalah

$$\begin{aligned} P_{OUT} &= P_{\text{Kelompok Beban}} \\ &= 651,048 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai P_{RS} Total adalah

$$\begin{aligned} P_{RS} &= P_{RS \text{ Kelompok Beban}} \\ &= 179,7 \text{ W} \approx 0,179 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga efisiensi salurannya (η) pada kondisi sekarang adalah

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{651,048 \text{ kW}}{651,048 \text{ kW} + 0,179 \text{ kW}} \\ &= \frac{651,048 \text{ kW}}{651,227 \text{ kW}} = 99,97 \% \end{aligned}$$

Pada kondisi sekarang nilai efisiensi saluran yang didapatkan sebesar 99,97%. Hal merupakan nilai sangat baik mengingat efisiensi 80% saja sudah bagus. Namun, efisiensi ini dihitung hanya berdasarkan rugi-rugi teknis, yaitu rugi-rugi saluran yang secara umum rugi-rugi ini memiliki nilai yang sangat kecil. Pada kenyataannya, rugi-rugi non teknis memiliki nilai yang besar sekali lebih besar dari rugi-rugi teknis, seperti halnya pola pemakaian listrik. Sehingga untuk mengetahui efisiensi energi listrik lebih tepat lagi, juga harus mengetahui rugi-rugi non teknis.

Setelah beban diseimbangkan, selanjutnya juga dicari nilai efisiensi salurannya (η), dimana

Pada kondisi sesungguhnya, nilai efisiensi salurannya (η) adalah

Dimana diketahui :

$$P_{OUT} = 651,048 \text{ kW}$$

$$P_{RS} = 11.471,8 \text{ W} \approx 11,47 \text{ kW}$$

Sehingga nilai efisiensinya (η),

$$\eta = \frac{651,048 \text{ kW}}{651,048 \text{ kW} + 11,47 \text{ kW}} = 98,26 \%$$

Setelah beban diseimbangkan, selanjutnya juga dicari nilai efisiensi salurannya (η), dimana

Diketahui : $P_{OUT} = 651,048 \text{ kW}$;

$$P_{RS} = 139,62 \text{ W} \approx 0,13 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{651,048 \text{ kW}}{651,048 \text{ kW} + 0,13 \text{ kW}}$$

$$= \frac{651,048 \text{ kW}}{651,178 \text{ kW}} = 99,98 \%$$

Dari nilai efisiensi saluran pada kondisi setelah beban diseimbangkan, yaitu sebesar 99,98 % dan nilai efisiensi pada kondisi sekarang sebesar 99,97 %. Berarti terjadi peningkatan sebesar 0,01%. Hal ini dikarenakan, nilai rugi-rugi saluran pada kondisi setelah beban diseimbangkan menjadi lebih kecil dari kondisi sekarang.

4.8. Efisiensi Energi Listrik

Dapat dihitung nilai energi total untuk rugi saluran (W_{RS}) pada kondisi sekarang, yaitu

$$W_{RS} = W_{RS \text{ Kelompok Beban}} \\ = 1.542.798,58 \text{ Wh} \approx 1.542,8 \text{ kWh}$$

Dengan standar yang ditetapkan PT Semen Indonesia (persero) Tbk bahwa 1 kWh = Rp. 977,83, maka nilai W_{RS} bila diuangkan sebagai berikut

$$= \text{Rp. } 977,83 \times 1.542,8 \text{ kWh} \\ = \text{Rp. } 1.508.596,-$$

Jadi Kantor PT Swabina Gatra - Tuban akibat adanya rugi-rugi saluran, setiap tahun rugi sebesar Rp. 1.508.596,-

Sedangkan pada kondisi setelah beban diseimbangkan, nilai energi W_{RS} yang didapatkan sebesar 1.168.321 Wh $\approx$ 1.168,3 kWh. Sehingga bila nilai ini diuangkan sebagai berikut

$$= \text{Rp. } 977,83 \times 1.168,3 \text{ kWh} \\ = \text{Rp. } 1.142.398,7$$

Setelah beban diseimbangkan setiap tahun, rugi yang terjadi menjadi Rp. 1.142.398,7,-. Sehingga terdapat selisih,

$$= \text{Rp. } 1.508.596,- - \text{Rp. } 1.142.398,7,- \\ = \text{Rp. } 366.197$$

dimana efisiensi (penghematan) energi listrik sebesar, $= 1.554,54 \text{ kWh} - 1.168,3 \text{ kWh} \\ = 386,24 \text{ kWh}$.

Berarti akibat adanya peningkatan efisiensi 0,01%, bisa menghemat uang sebesar Rp. 366.197, dengan nilai efisiensi energi listrik sebesar 386,24 kWh.

IX. Kesimpulan

Dari analisa pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tingkat pembebanan masing-masing penghantar fasa secara umum sudah melampaui 80% KHA dan bahkan 100% KHA. Beban tersebut diantaranya Ruang Server, Gudang 3, Gudang 2, Ruang P4, Ruang PEP4, Pentry, Ruang Istirahat 1, Ruang Pelayanan Umum, Ruang Istirahat 1 dan Gudang 1
2. Dengan standar yang ditetapkan PT Semen Indonesia (persero) Tbk bahwa 1 kWh = Rp. 977,83, maka nilai W_{RS} bila diuangkan sebagai berikut $= \text{Rp. } 977,83 \times 1.542,8 \text{ kWh} \\ = \text{Rp. } 1.508.596$

Jadi Kantor PT Swabina Gatra - Tuban akibat adanya rugi-rugi saluran, setiap tahun rugi sebesar Rp. 1.508.596

3. Setelah beban diseimbangkan setiap tahun, rugi yang terjadi menjadi Rp. 1.142.398,7,-. Sehingga terdapat selisih,

$$= \text{Rp. } 1.508.596 - \text{Rp. } 1.142.398,7 \\ = \text{Rp. } 366.197$$

Berarti akibat adanya peningkatan efisiensi 0,01%, bisa menghemat uang sebesar Rp. 366.197, dengan nilai efisiensi energi listrik sebesar 386,24 kWh.

5.2. Saran

Bahwa penghematan energi listrik masih dapat dilakukan lebih efisien lagi, karena yang sedang dilakukan penghematan rugi saluran saja belum termasuk beban peralatan elektronik lainnya.

Daftar Pustaka

- Abdul Kadir, Transformator, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta, 1979
- Addison-Wesley. 1991. *Principles of Power Electronics*. AS. Pabla, Sistem Distribusi Daya Listrik, Erlangga, Jakarta, 1994
- England Electric. 1992. *Power Quality and Sensitive Electronic Equipment*.
- Hasan Basri, Sistem Distribusi Daya Listrik, Bandung, 1997
- Hutauruk, T.S, Prof.Ir.M.Sc. 1985. *Transmisi Daya Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Jiteng Marsudi, Pembangkit Energi listrik, penerbit Erlangga, Jakarta, 2005.
- Mohan. 1994. *Power Electronics Converters, Applications and Design*.
- P. Van Harten dan E. Setiawan, Ir, Instalasi Listrik Arus Kuat, Binacipta, Bandung, 1983
- PUIL. 1987. *Peraturan Umum Instalasi Listrik*.
- SNI. 2000. *Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung*.
- W.D. Stevensen, Jr. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Zuhail. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. ITB. Bandung.