

Pengaruh *Up Grade* Transformator 160 kVA dan 100 kVA Menjadi 250kVA/400V Terhadap Biaya Operasional Pemakaian Energi Listrik di Hotel Tonys Villa Resort and Spa

I Wayan Utama¹, Komang Hermawan², I Wayan Suriana³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Nasional, Indonesia
E-mail: wayansutama@undiknas.ac.id

10.38043/telsinas.v5i1.3689	Received: 2022 February 9	Accepted: 2022 March 6	Publish: 2022 April 25
-----------------------------	---------------------------	------------------------	------------------------

ABSTRACT : Hotel Tonys Villa and Resort was established in 2000 which is one of the 4-star hotels on the island of Bali which is located on Jalan Petitenget, South Kuta District, Badung. This hotel has a number of rooms, namely 22 Bungalow Rooms, 9 Pinky Villas, 40 Hotel Rooms, 3 large public pools and so on. One of the problems faced by this hotel is the increase in energy operational costs that are paid more than the budget with a minus average of Rp. 837,713 to Rp. 11,851,463 for each month. The method used is to analyze electricity cost savings by upgrading 160 and 100 KVA transformers to 1 250 KVA transformer, and analyze whether one 250 kVA transformer is able to carry the entire burden of Tonys Villa and Resort Hotel. The use of a 250 KVA transformer is considered more efficient than the use of a transformer (160 KVA and 100 KVA) with a cost difference of IDR 12,875,350 for each month and can save around IDR 154,504,200 within 1 year. In calculating the RM (Minimum Account) fee for the use of a 250 KVA transformer, it is considered more efficient and can save costs of Rp. 4,625,480 for each month if the use of the transformer is less than 40 hours and if the customer uses the transformer for more than 40 hours of use, then the financing will be calculated normally.

Keyword: *Cost; Energy; Saving; Transformator*

I. PENDAHULUAN

Salah satu bentuk energi yang dimanfaatkan dalam kehidupan manusia pada zaman modern ini adalah energi listrik. Energi listrik merupakan salah satu faktor penting dalam operasional sebuah industri, perusahaan, maupun instansi lainnya untuk kebutuhan operasional usahanya[1]. Pemakaian energi listrik akan berkaitan dengan biaya operasional [2]. Salah satu industri pengguna tenaga listrik dengan kualitas yang sangat baik adalah industri perhotelan. Biaya pemakaian energi listrik dipengaruhi oleh pemilihan penggunaan transformator, karena untuk pelanggan tegangan menengah kapasitas transformator distribusi memiliki tarif biaya yang berbeda sesuai penetapan penyesuaian tarif biaya yang ditentukan oleh PLN[3]. Sebagai badan usaha yang melayani tamu, maka kontinuitas pelayanan khususnya listrik sangatlah penting. Hotel Tonys Villa and Resort merupakan perusahaan di bidang perhotelan yang menawarkan jasa akomodasi penginapan dengan fasilitas yang sangat baik dan nyaman. Hotel Tonys Villa and Resort berdiri pada tahun 2000 yang merupakan salah satu hotel bintang 4 di pulau Bali yang berada di jalan Petitenget Kecamatan Kuta Utara Badung. Hotel ini memiliki jumlah room yaitu 22 Room Bungalow, 9 Villa Pinky, 40 Room Hotel, 3 pool besar untuk umum dan lain sebagainya. Hotel Tonys Villa and Resort ini energi listriknya di suplai dari PLN Kuta bagian Utara yang memiliki gardu distribusi yaitu 160 KVA/20kV/400 Volt merk Sintra yang terpasang di LVMDP 1 dan 100 KVA/20 kV/400 Volt merk Trafindo yang terpasang di LVMDP 2 yang tergolong pelanggan B-2 TR. Serta Hotel Tonys Villa and Resort memiliki daya cadangan genset merk Mitshubishi yang berkapasitas 220V/380V/8 kV/3fasa/50Hz/0,8/1500Rpm 300kVA/400A yang sudah terpasang pada panel LVMDP.

Sejak tahun 2019, tingkat *Occupancy* hotel rata-rata mencapai diatas 80%. Salah satu permasalahan yang dihadapi oleh hotel adalah meningkatnya biaya operasional energi setiap bulannya melebihi dari *budget* yang

dianggarkan. Untuk mengurangi biaya operasional energi listrik, hotel hendaknya melakukan upaya penghematan pemakaian energi listrik namun harus tetap menjaga kenyamanan para tamu[4][5][6]. Karena itu, penulis tertarik untuk melakukan analisis estimasi penghematan biaya energi listrik dengan mengupgrade trafo 160 dan 100 KVA menjadi 1 buah trafo 250 KVA, serta menganalisis apakah satu trafo 250 kVA mampu memikul seluruh beban Hotel Tonys Villa and Resort.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui Presentase pembebanan dari trafo 250kVA/400V di hotel tonys Villa and Resort
2. Mengetahui estimasi perbandingan penghematan biaya listrik pemasangan *Trafo 250 kVA*

II. LANDASAN TEORI

Efisiensi Transformator

Untuk setiap mesin atau peralatan listrik, efisiensi ditentukan oleh besarnya rugi-rugi[7][4]. Efisiensi dari mesin-mesin berputar/bergerak umumnya antara 50-60% karena ada rugi gesek dan angin. Transformator tidak memiliki bagian yang bergerak/berputar, maka rugi-rugi ini tidak muncul, tetapi tetap memiliki rugi-rugi walaupun tidak sebesar pada peralatan listrik seperti mesin-mesin atau peralatan bergerak lainnya. Transformator daya saat ini rata-rata dirancang dengan besar efisiensi minimal 95%. Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya output dengan daya input. Secara matematis ditulis [3]:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$P_{in} = P_{out} + \text{Rugi-rugi}$$

$$P_{out} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \phi$$

Dimana:

$$\eta = \text{efisiensi}$$

$$P_{out} = \text{daya keluar (watt)}$$

$$P_{in} = \text{daya masuk (watt)}$$

Perhitungan Arus Beban Penuh Pada Transformator

Dayar transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3} \times V_L \times I_L$$

Dimana:

$$S = \text{Daya transformator (kVA)}$$

$$V_L = \text{Tegangan sisi primer transformator (V)}$$

$$I_L = \text{Arus (A)}$$

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan persamaan:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

Dimana:

$$I_{FL} = \text{Arus beban penuh (A)}$$

$$S = \text{Daya transformator (kVA)}$$

$$V = \text{Tegangan sekunder transformator (V)}$$

Menurut Frank D. Petruzella, persentase pembebanan suatu transformator dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [8]:

$$\% \text{Pembanaan} = \frac{V \times I \times \sqrt{3}}{\text{Daya Trafo (VA)}} \times 100\%$$

Dimana:

V= Tegangan fasa-fasa (V)

I= Arus rata-rata (A)

Pembiayaan Golongan Tarif

A. Transformator 160 KVA

Berdasarkan ketetapan penyesuaian biaya tarif tenaga listrik bulan Juli hingga September tahun 2021 untuk amprah daya dari 6.600 VA sampai dengan 200 KVA yang merupakan golongan tarif B2/TR (tegangan rendah) dikenakan tarif biaya Rp 1440,70/kWh. Jadi untuk Trafo 160 KVA akan dikenakan tarif biaya 1440,70/kWh. Untuk tarif biaya lainnya seperti PPN dan PPJ sesuai dengan PP Nomor 48 tahun 2020 yang dimana untuk PPN dibebaskan dan PPJ dikenakan tarif sebesar 5-10 % dari tarif biaya energi yang dikeluarkan. Untuk tarif biaya PPJ disesuaikan dengan daerah masing-masing. Untuk Hotel Tonys Villa and Resort dikenakan tarif PPJ sebesar 5 % dari tarif biaya energi yang dikeluarkan. Untuk Trafo 160 KVA dikenakan tarif biaya RM (Rekening Minimum) yaitu dimana pelanggan wajib membayar tagihan listrik RM jika pemakaian trafo kurang dari 40 jam pemakaian dalam 1 bulan. Untuk rumus RM menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$RM = 40(\text{jam nyala}) \times \text{Daya tersambung (KVA)} \times \text{Biaya pemakaian LWBP (Waktu Luar beban Puncak)}$$

Jam Nyala = pemakaian kWh/Bln : Daya Tersambung

B. Transformator 100 KVA

Berdasarkan ketetapan penyesuaian biaya tarif tenaga listrik bulan Juli hingga September 2021 untuk amprah daya dari 6.600 VA sampai dengan 200 KVA yang merupakan golongan tarif B2/TR (tegangan rendah) dikenakan tarif biaya Rp 1440,70/kWh. Jadi untuk Trafo 100 KVA akan dikenakan tarif biaya 1440,70/kWh. Untuk tarif biaya lainnya seperti PPN dan PPJ sesuai dengan PP Nomor 48 tahun 2020 yang dimana untuk PPN dibebaskan dan PPJ dikenakan tarif sebesar 5-10 % dari tarif biaya energi yang dikeluarkan. Untuk tarif biaya PPJ disesuaikan dengan daerah masing-masing. Untuk Hotel Tonys Villa and Resort dikenakan tarif PPJ sebesar 5 % dari tarif biaya energi yang dikeluarkan. Untuk Trafo 100 KVA dikenakan tarif biaya RM (Rekening Minimum) yaitu dimana pelanggan wajib membayar tagihan listrik RM jika pemakaian trafo kurang dari 40 jam pemakaian dalam 1 bulan. Untuk rumus RM menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$RM = 40(\text{jam nyala}) \times \text{Daya tersambung (KVA)} \times \text{Biaya pemakaian LWBP (Waktu Luar beban Puncak)}$$

Jam Nyala = pemakaian kWh/Bln : Daya Tersambung

C. Transformator 250 KVA

Berdasarkan ketetapan penyesuaian biaya tarif tenaga listrik pada bulan Juli hingga September tahun 2021 untuk amprah daya diatas 200 KVA yang merupakan golongan tarif B-3/TM (tegangan menengah) dikenakan tarif biaya yaitu :

$$\text{Blok WBP} = K \times \text{Rp } 1.035,78/\text{kWh}$$

$$\text{Blok LWBP} = \text{Rp } 1.035,78/\text{kWh}$$

Untuk biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (KVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85. Untuk tarif biaya KVArh sesuai dengan penyesuaian tarif

$$\text{kVArh} = \text{Rp } 1.114,74/\text{KVArh}$$

Untuk tarif biaya lainnya seperti PPN dan PPJ sesuai dengan PP Nomor 48 tahun 2020 yang dimana untuk PPN dibebaskan dan PPJ sebesar 5-10 % dari tarif biaya energi yang dikeluarkan. Untuk Trafo 250

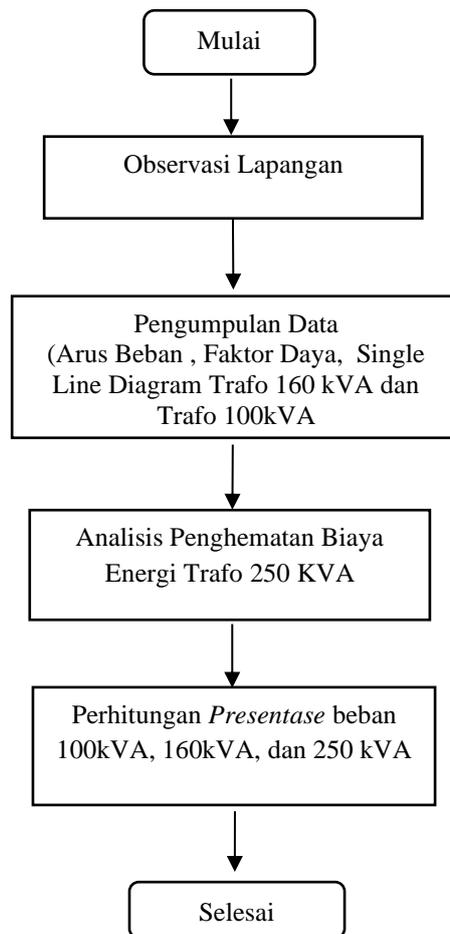
KVA dikenakan tarif biaya RM (Rekening Minimum) yaitu dimana pelanggan wajib membayar tagihan listrik RM jika pemakaian trafo kurang dari 40 jam pemakaian dalam 1 bulan. Untuk persamaan biaya RM adalah sebagai berikut :

$$RM = 40(\text{jam nyala}) \times \text{Daya tersambung (KVA)} \times \text{pemakaian LWBP}$$

$$\text{Jam Nyala} = \frac{\text{pemakaian kWh/Bl} : \text{Daya}}{\text{Tersambung}}$$

Berikut adalah tabel gambar penyesuaian tarif tenaga listrik bulan Juli hingga September 2021 adalah sebagai berikut :

III. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Diagram alur Penelitian

IV. PEMBAHASAN

Data Pembebanan Transformator 160 KVA

Untuk Trafo 160_{KVA} yang terdapat pada panel LVMDP 1 yang memiliki 4 sub panel MDP dengan $\cos \phi$ rata-rata 0,85. Pengukuran dilakukan selama 24 jam yang dimulai pukul 07.00 hingga 06.00 Wita dengan *accupancy* rata-rata 95-100%. Berikut adalah hasil tabel pengukuran trafo 160 kVA:

Tabel 1 Arus Beban Trafo 160 KVA

NAMA		Arus (A)			Cos ϕ	Teg VL-N	Teg VL-L
No	Waktu	R	S	T			
Panel Trafo 160 KVA							
1	07.00	104,5	112,3	88,3	0,85	220	398
2	08.00	90,1	75,4	70,5	0,84	220	397
3	09.00	85,3	76,2	66,3	0,86	220	398
4	10.00	83,4	83,5	67,1	0,85	220	397
5	11.00	60,1	68,3	68,3	0,88	220	397
6	12.00	62,8	59,5	67,2	0,86	220	397
7	13.00	63,3	68,2	68,8	0,84	220	396
8	14.00	55,5	66,8	53,6	0,89	220	396
9	15.00	54,3	56,2	54,8	0,84	220	396
10	16.00	55,3	45,2	46,4	0,84	220	396
11	17.00	55,2	39,3	49,8	0,82	220	396
12	18.00	100,9	148,3	132,8	0,82	220	396
13	19.00	160,2	172,3	153,9	0,85	220	398
14	20.00	150,3	167,3	153,2	0,83	220	397
15	21.00	87,1	76,4	67,5	0,84	220	398
16	22.00	88,5	77,3	63,6	0,83	220	398
17	23.00	70,5	77,7	58,7	0,86	220	398
18	00.00	69,5	82,7	55,7	0,86	220	396
19	01.00	46,5	65,4	71,7	0,86	220	396
20	02.00	50,6	66,7	69,1	0,86	220	396
21	03.00	50,1	61,3	56,6	0,86	220	396
22	04.00	45,3	63,1	52,7	0,85	220	396
23	05.00	45,5	63,3	53,5	0,88	220	396
24	06.00	114,2	115,5	98,5	0,84	220	398
Arus Maximum		160,2	172,3	153,9			
Cos ϕ Rata-rata					0,85		

Data Pembebanan Transformator 100 KVA

Untuk Trafo 100_{KVA} yang terdapat di panel LVMDP 2 terdapat 4 sub panel MDP dengan $\cos \phi$ rata-rata 0.86. Pengukuran dilakukan selama 24 jam yang dimulai pukul 07.00 hingga 06.00 Wita dengan *accupancy* rata-rata 95-100%. Berikut adalah hasil tabel pengukuran trafo 100_{KVA} :

Tabel 2 Arus Beban Trafo 100 KVA

NAMA		Arus Maximum (A)			Cos φ	Teg VL-N	Teg VL-L
No	Waktu	R	S	T			
Panel LVMDP 100 KVA							
1	07.00	90,3	95,5	85,2	0,86	220	398
2	08.00	60,1	76,3	80,5	0,87	220	397
3	09.00	50,1	60,2	79,3	0,84	220	396
4	10.00	45,4	55,5	67,1	0,86	220	398
5	11.00	45,1	57,3	63,3	0,86	220	397
6	12.00	44,8	53,5	43,3	0,82	220	398
7	13.00	43,3	52,2	40,8	0,89	220	398
8	14.00	42,5	52,8	42,6	0,84	220	398
9	15.00	33,3	41,2	51,8	0,86	220	396
10	16.00	39,3	41,2	56,4	0,83	220	396
11	17.00	42,9	45,3	59,8	0,86	220	396
12	18.00	48,9	56,3	57,8	0,86	220	397
13	19.00	119,1	128	113,5	0,88	220	397
14	20.00	101,3	107,3	109,2	0,88	220	398
15	21.00	80,1	95,4	98,5	0,91	220	398
16	22.00	56,5	78,3	77,6	0,89	220	396
17	23.00	55,4	41	62,7	0,86	220	396
18	00.00	53,5	43,7	51,2	0,85	220	398
19	01.00	45,1	35,9	50,7	0,86	220	398
20	02.00	43,5	35,7	49,4	0,86	220	398
21	03.00	43,9	36,8	48,9	0,86	220	397
22	04.00	40,5	56,7	54,7	0,86	220	397
23	05.00	50,5	65,3	73,5	0,86	220	398
24	06.00	80,5	112,5	88,1	0,88	220	396
Arus Maximum		119,1	128	113,5			
Cos φ rata-rata					0,86		

Estimasi Biaya Energi Transformator

a. Estimasi Biaya Energi Transformator 160 KVA

Berikut adalah perhitungan penggunaan energi pada trafo 160_{KVA} pada pukul 07.00 :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \times \text{Cos } \phi \\
 S &= (I_R \times 220) + (I_S \times 220) + (I_T \times 220) \\
 &= (104,5 \times 220) + (112,3 \times 220) + (88,3 \times 220) \\
 &= 67.122 \text{ VA} \\
 P &= 67.122 \text{ VA} \times \text{cos } 0,85 \\
 &= 57.053 \text{ Watt} \\
 \text{Energi} &= P/1000 \times t \\
 &= 57,053 \times 1 \text{ jam} \\
 &= 57,05 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Jadi energi yang digunakan pada pukul 07.00 Wita pada trafo 160_{KVA} yaitu 57,05 kWh. Dengan cara yang sama maka akan didapatkan jumlah penggunaan energi dari pukul 08.00 hingga 06.00 :

Tabel 3 Penggunaan Energi trafo 160 KVA selama 1 hari

No	Waktu	Arus (A)			Cos φ	Teg VL-N	Teg VL-L	ENERGI/KWH
		R	S	T				
Trafo 160 KVA								
1	07.00	104,5	112,3	88,3	0,85	220	398	57,05
2	08.00	90,1	75,4	70,5	0,84	220	397	43,61
3	09.00	85,3	76,2	66,3	0,86	220	398	43,09
4	10.00	83,4	83,5	67,1	0,85	220	397	43,75
5	11.00	60,1	68,3	68,3	0,88	220	397	38,08
6	12.00	62,8	59,5	67,2	0,86	220	397	35,85
7	13.00	63,3	68,2	68,8	0,84	220	396	37,01
8	14.00	55,5	66,8	53,6	0,89	220	396	34,44
9	15.00	54,3	56,2	54,8	0,84	220	396	30,54
10	16.00	55,3	45,2	46,4	0,84	220	396	27,14
11	17.00	55,2	39,3	49,8	0,82	220	396	26,03
12	18.00	100,9	148,3	132,8	0,82	220	396	68,91
13	19.00	160,2	172,3	153,9	0,85	220	398	90,95
14	20.00	150,3	167,3	153,2	0,83	220	397	85,96
15	21.00	87,1	76,4	67,5	0,84	220	398	42,68
16	22.00	88,5	77,3	63,6	0,83	220	398	41,88
17	23.00	70,5	77,7	58,7	0,86	220	398	39,14
18	00.00	69,5	82,7	55,7	0,86	220	396	39,33
19	01.00	46,5	65,4	71,7	0,86	220	396	34,73
20	02.00	50,6	66,7	69,1	0,86	220	396	35,26
21	03.00	50,1	61,3	56,6	0,86	220	396	31,78
22	04.00	45,3	63,1	52,7	0,85	220	396	30,12
23	05.00	45,5	63,3	53,5	0,88	220	396	31,42
24	06.00	114,2	115,5	98,5	0,84	220	398	60,65
Total								1.049,52

Untuk transformator 160_{KVA} tidak memiliki penggolongan biaya tarif LWBP dan WBP. Maka estimasi biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan trafo 160_{KVA} dalam waktu 1 bulan :

Energi 160_{KVA}:

$$= (\text{Energi} \times 1440,70) \times 30 \text{ hari}$$

$$= (1.049,52 \text{ kWh} \times 1440,70) \times 30 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 1.512.050 \times 30 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 45.361.500$$

PPJ = Rp 45.361.500 x 5%

$$= \text{Rp } 2.268.075$$

total = Biaya energi + PPJ 5%

$$= \text{Rp } 45.361.500 + \text{Rp } 2.268.075$$

$$= \text{Rp } 47.629.584$$

b. Estimasi Biaya Energi Transformator 100 KVA

Berikut adalah perhitungan penggunaan energi pada trafo 100_{KVA} pada pukul 07.00:

$$P = V \times I \times \text{Cos } \phi$$

$$S = (I_R \times 220) + (I_S \times 220) + (I_T \times 220)$$

$$= (90,3 \times 220) + (95,5 \times 220) + (85,2 \times 220)$$

$$= 59.620 \text{ VA}$$

$$P = 59.620 \text{ VA} \times \text{cos } 0,86$$

$$= 51.273,2 \text{ Watt}$$

$$\text{Energi} = (P/1000) \times t$$

$$= 51,273 \times 1 \text{ jam}$$

$$= 51,27 \text{ kWh}$$

Jadi energi yang digunakan pada pukul 07.00 Wita pada trafo 100_{KVA} yaitu 51,27 kWh. Dengan cara yang sama maka akan didapatkan jumlah penggunaan energi dari pukul 08.00 hingga 06.00:

Tabel 4 Penggunaan Daya trafo 100 KVA selama 24 jam

NAMA		Arus Maximum(A)			Cos φ	Teg VL-N	Teg VL-L	Energi/KWH
No	Waktu	R	S	T				
Trafo 100 KVA								
1	07.00	90,3	95,5	85,2	0,86	220	398	51,27
2	08.00	60,1	76,3	80,5	0,87	220	397	41,51
3	09.00	50,1	60,2	79,3	0,84	220	396	35,03
4	10.00	45,4	55,5	67,1	0,86	220	398	31,78
5	11.00	45,1	57,3	63,3	0,86	220	397	31,35
6	12.00	44,8	53,5	43,3	0,82	220	398	25,54
7	13.00	43,3	52,2	40,8	0,89	220	398	26,68
8	14.00	42,5	52,8	42,6	0,84	220	398	25,48
9	15.00	33,3	41,2	51,8	0,86	220	396	23,89
10	16.00	39,3	41,2	56,4	0,83	220	396	24,99
11	17.00	42,9	45,3	59,8	0,86	220	396	28
12	18.00	48,9	56,3	57,8	0,86	220	397	30,83
13	19.00	119,1	128	113,5	0,88	220	397	69,81
14	20.00	101,3	107,3	109,2	0,88	220	398	61,52
15	21.00	80,1	95,4	98,5	0,91	220	398	54,85
16	22.00	56,5	78,3	77,6	0,89	220	396	41,58
17	23.00	55,4	41	62,7	0,86	220	396	30,1
18	00.00	53,5	43,7	51,2	0,85	220	398	27,75
19	01.00	45,1	35,9	50,7	0,86	220	398	24,91
20	02.00	43,5	35,7	49,4	0,86	220	398	24,33
21	03.00	43,9	36,8	48,9	0,86	220	397	24,52
22	04.00	40,5	56,7	54,7	0,86	220	397	28,73
23	05.00	50,5	65,3	73,5	0,86	220	398	35,81
24	06.00	80,5	112,5	88,1	0,88	220	396	54,42
Arus Maximum		119,1	128	113,5				
Cos Phi rata-rata					0,86			
Total								854,79

Untuk transformator 100_{KVA} tidak memiliki penggolongan tarif LWBP dan WBP. Maka estimasi biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan trafo 100_{KVA} dalam waktu 1 bulan :

Energi 100_{KVA}

$$= (\text{Energi} \times 1440,70) \times 30 \text{ hari}$$

$$= (854,79 \text{ kWh} \times 1440,70) \times 30 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 1.231.495 \times 30 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 36.944.878$$

PPJ = Rp 36.944.878 x 5%

$$= \text{Rp } 1.847.242$$

total = Biaya energi + PPJ 5%

$$= \text{Rp } 36.944.878 + \text{Rp } 1.847.242$$

$$= \text{Rp } 38.792.121$$

c. Estimasi Biaya Energi Transformator 250 KVA

Untuk mengetahui estimasi biaya yang digunakan untuk trafo 250_{KVA} dengan cara menjumlahkan arus pada trafo 160_{KVA} dan 100_{KVA}. Perbandingan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) diketahui pukul 22.00 hingga 18.00 dan Waktu Beban Puncak (WBP) diketahui pada jam 18.00 s/d 22.00. Jadi WBP 4jam/hari, dan LWBP 20 jam perhari. Berikut adalah estimasi penggunaan energi transformator 250_{KVA} pukul 07.00:

$$P = V \times I \times \text{Cos } \phi$$

$$S = ((I_{R1} + I_{R2}) \times 220) + ((I_{S1} + I_{S2}) \times 220) + ((I_{T1} + I_{T2}) \times 220)$$

$$= ((104,5 + 90,3) \times 220) + ((112,3 + 95,5) \times 220) + ((88,3 + 85,2) \times 220)$$

$$= 126.742 \text{ VA}$$

$$P = 126.742 \text{ VA} \times \text{cos } 0,85$$

$$= 108.364 \text{ Watt}$$

$$\text{Energi} = (P/1000) \times t$$

$$= 108,36 \times 1 \text{ jam}$$

$$= 108,36 \text{ kWh}$$

Jadi energi yang digunakan pada pukul 07.00 pada trafo 250_{KVA} yaitu 108,36 kWh. Dengan cara yang sama maka akan didapatkan jumlah penggunaan energi pada LWBP dan WBP untuk setiap jam:

Tabel 5 Pemakaian Energi Trafo 250 kVA

No	NAMA	Arus (A)			Cos φ	Teg VL-N	Energi (KWH)
	Waktu Trafo 250 KVA	R	S	T			
1	00.00	123	126,4	106,9	0,85	220	67,02
2	01.00	91,6	101,3	122,4	0,86	220	59,65
3	02.00	94,1	102,4	118,5	0,86	220	59,59
4	03.00	94	98,1	105,5	0,86	220	56,3
5	04.00	85,8	119,8	107,4	0,85	220	58,87
6	05.00	96	128,6	127	0,87	220	67,29
7	06.00	194,7	228	186,6	0,86	220	115,27
8	07.00	194,8	207,8	173,5	0,85	220	108,36
9	08.00	150,2	151,7	151	0,85	220	85,19
10	09.00	135,4	136,4	145,6	0,85	220	78,05
11	10.00	128,8	139	134,2	0,85	220	75,61
12	11.00	105,2	125,6	131,6	0,87	220	69,36
13	12.00	107,6	113	110,5	0,84	220	61,18
14	13.00	106,6	120,4	109,6	0,86	220	64,05
15	14.00	98	119,6	96,2	0,86	220	59,71
16	15.00	87,6	97,4	106,6	0,85	220	54,52
17	16.00	94,6	86,4	102,8	0,83	220	52,13
18	17.00	98,1	84,6	109,6	0,84	220	54,01
19	18.00	149,8	204,6	190,6	0,84	220	100,71
20	23.00	125,9	118,7	121,4	0,86	220	69,24
Total							1.416,21

Tabel 6 Penggunaan Energi WBP

No	NAMA	Arus (A)			Cos φ	Teg VL-N	Energi (KWH)
	Waktu Trafo 250 KVA	R	S	T			
1	19.00	279,3	300,3	267,4	0,86	220	161,18
2	20.00	251,6	274,6	262,4	0,85	220	148,33
3	21.00	167,2	171,8	166	0,87	220	97,21
4	22.00	145	155,6	141,2	0,86	220	83,58
Total							490,32

Sumber : hasil analisa

Berdasarkan ketetapan penyesuaian biaya tarif tenaga listrik pada bulan Juli hingga September tahun 2021 untuk amprah daya diatas 200_{KVA} yang merupakan golongan tarif B-3/TM (tegangan menengah) dikenakan tarif biaya yaitu:

$$\text{Blok LWBP} = \text{Rp } 1.035,78/\text{kWh}$$

$$\text{Blok WBP} = K \times \text{Rp } 1.035,78/\text{kWh}$$

$$= 1.5 \times \text{Rp } 1.035,78/\text{kWh}$$

$$= \text{Rp } 1.553,67/\text{kWh}$$

Untuk PPJ pada Amprah daya 250_{KVA} yaitu 10% dari tarif biaya energi yang dikeluarkan setiap bulannya.

Berikut adalah perhitungan estimasi biaya energi untuk trafo 250 KVA dalam waktu 1 bulan :

Biaya LWBP :

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Energi} \times \text{Rp } 1.035,78) \times 30 \text{ hari} \\
 &= (1.416,21 \text{ KWh} \times \text{Rp } 1.035,78) \times 30 \text{ hari} \\
 &= \text{Rp } 44.006.459
 \end{aligned}$$

Biaya WBP :

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Energi} \times \text{Rp } 1.553,67) \times 30 \text{ hari} \\
 &= (490,32 \text{ KWh} \times \text{Rp } 1.553,67) \times 30 \text{ hari} \\
 &= \text{Rp } 22.853.864
 \end{aligned}$$

Biaya Total = Biaya LWBP + Biaya WBP

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 44.006.459 + \text{Rp } 22.853.864 \\
 &= \text{Rp } 66.860.323
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{PPJ } 10 \% &= \text{Rp } 66.860.323 \times 10\% \\
 &= \text{Rp } 6.686.032
 \end{aligned}$$

Total Biaya keseluruhan :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Biaya energi total} + \text{PPJ } 10 \% \\
 &= \text{Rp } 66.860.323 + \text{Rp } 6.686.032 \\
 &= \text{Rp } 73.546.355
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka dapat diketahui perbandingan biaya energi antara trafo (160_{KVA} dan 100_{KVA}) dengan trafo 250_{KVA}. Berikut adalah perbandingan biaya energi yang dikeluarkan untuk setiap bulannya antara penggunaan energi trafo (160_{KVA} dan 100_{KVA}) dengan penggunaan energi pada trafo 250_{KVA} :

Trafo 160_{KVA} dan 100_{KVA} :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 47.629.584 + \text{Rp } 38.792.121 \\
 &= \text{Rp } 86.421.705
 \end{aligned}$$

Trafo 250_{KVA} :

$$= \text{Rp } 73.546.355$$

Selisih biaya energi

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 86.421.705 - \text{Rp } 73.546.355 \\
 &= \text{Rp } 12.875.350
 \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan diatas maka penggunaan trafo 250_{KVA} dinilai lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan trafo (160_{KVA} dan 100_{KVA}) dengan selisih biaya Rp 12.875.350 untuk setiap bulannya dan dapat melakukan penghematan sekitar Rp 154.504.200 dalam waktu 1 tahun.

Estimasi Penghematan Biaya RM (Rekening Minimum)

Untuk Trafo 160_{KVA} dikenakan tarif biaya RM (Rekening Minimum) yaitu dimana pelanggan wajib membayar tagihan listrik RM jika pemakaian trafo kurang dari 40 jam pemakaian dalam 1 bulan. Berikut merupakan perhitungan RM menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{RM} &= 40 \text{ (jam nyala)} \times \text{Daya tersambung} \quad (\text{KVA}) \times \text{Biaya pemakaian LWBP} \\
 &\quad \text{(Waktu Luar beban Puncak)} \\
 &= 40 \times 160 \text{ KVA} \times \text{Rp } 1440,70 \\
 &= \text{Rp } 9.220.480
 \end{aligned}$$

Untuk Trafo 100 KVA dikenakan tarif biaya RM (Rekening Minimum) yaitu dimana pelanggan wajib membayar tagihan listrik RM jika pemakaian trafo kurang dari 40 jam pemakaian dalam 1 bulan.

Untuk rumus RM menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{RM} &= 40 \text{ (jam nyala)} \times \text{Daya tersambung} \quad (\text{KVA}) \times \text{Biaya pemakaian LWBP} \\
 &\quad \text{(Waktu Luar beban Puncak)} \\
 &= 40 \times 100 \text{ KVA} \times \text{Rp } 1440,70
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 5.762.800$$

Jadi bila penggunaan Trafo 160 KVA and 100 KVA Hotel Tonys Villa and Resort kurang dari 40 jam maka estimasi biaya yang harus dibayarkan oleh PLN adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{RM Total} &= \text{Rp } 9.220.480 + \text{Rp } 5.762.800 \\ &= \text{Rp } 14.983.280 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk Trafo 250 KVA dikenakan tarif biaya RM (Rekening Minimum) yaitu dimana pelanggan wajib membayar tagihan listrik RM jika pemakaian trafo kurang dari 40 jam pemakaian dalam 1 bulan. Untuk rumus RM menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{RM} &= 40(\text{jam nyala}) \times \text{Daya tersambung (KVA)} \times \text{Biaya pemakaian LWBP (Waktu Luar beban Puncak)} \\ &= 40 \times 250 \text{ KVA} \times \text{Rp } 1035,78 \\ &= \text{Rp } 10.357.800 \end{aligned}$$

Jadi selisih biaya RM untuk penggunaan Trafo (160 KVA dan 100 KVA) dan Trafo 250 KVA adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Selisih biaya RM} &= \text{Rp } 14.983.280 - \text{Rp } 10.357.800 \\ &= \text{Rp } 4.625.480 \end{aligned}$$

Jadi untuk penggunaan Trafo 250 KVA dinilai lebih efisien dan dapat menghemat biaya Rp 4.625.480 untuk setiap bulannya jika penggunaan trafo kurang dari 40 jam penggunaan dan jika pelanggan menggunakan pemakaian trafo lebih dari lebih dari 40 jam pemakaian maka pembiayaan akan dihitung secara normal.

Perhitungan Presentase Pembebanan Transformator

Perhitungan *presentase* beban 250_{KVA} yaitu menghitung jumlah keseluruhan *Arus maksimum* R, S, T yang digunakan pada Trafo 160_{KVA} dan Trafo 100_{KVA} . Untuk arus maximum pada trafo 160_{KVA} dan 100_{KVA} diketahui terjadi pada pukul 19.00. Berikut adalah tabel arus maximum pada trafo 160_{KVA} dan 100_{KVA} pada pukul 19.00 :

Tabel 7 arus maximum trafo 160 KVA dan 100 KVA

NAMA	Waktu	Arus maximum(A)			Teg VL-N
		R	S	T	
Trafo 160 KVA	19.00	160,2	172,3	153,9	220
Trafo 100 KVA	19.00	119,1	128	113,5	220
Total Arus		279,3	300,3	267,4	

Menurut PT PLN 1997 yang tertuang dalam SPLN no 50, transformator distribusi diusahakan tidak dibebani lebih dari 80 % atau dibawah 40%. Jika melebihi atau kurang dari nilai tersebut transformator bisa dikatakan overload. Berikut adalah perhitungan pembebanan masing- masing Trafo dengan menggunakan data pengukuran arus trafo pada pukul 19.00 :

1. Analisa KVA Pembebanan Trafo 160kVA

KVA beban :

$$\% \text{Beban Trafo} = \frac{(\text{IR} \times \text{VR} - \text{N}) + (\text{Is} \times \text{Vs} - \text{n}) + (\text{IT} \times \text{VT} - \text{n})}{\text{KVA Trafo}} \times 100\%$$

$$= \frac{(160,2 \times 220V) + (172,3 \times 220V) + (153,9 \times 220V)}{160.000} \times 100\%$$

= 66%

2. Analisa KVA Pembebanan Trafo 100 kVA

Dengan menggunakan data pengukuran arus trafo pada pukul 19.00 : :

KVA Beban :

% Pembebanan Trafo:

$$\begin{aligned} \%Beban\ Trafo &= \frac{(IR \times VR - N) + (Is \times Vs - n) + (IT \times VT - n)}{KVA\ Trafo} \times 100\% \\ &= \frac{(119,1 \times 220V) + (128 \times 220V) + (113,5 \times 220V)}{100.000} \times 100\% \end{aligned}$$

= 79%

3. Analisa KVA Pembebanan Trafo 250 kVA

Dengan menjumlahkan arus maximum 160_{KVA} dan 100_{KVA} pada pukul 19.00 :

KVA beban :

$$\begin{aligned} \%Beban\ Trafo &= \frac{(IR \times VR - N) + (Is \times Vs - n) + (IT \times VT - n)}{KVA\ Trafo} \times 100\% \\ &= \frac{(279,3 \times 220V) + (300,3 \times 220V) + (267,4 \times 220V)}{250.000} \times 100\% \end{aligned}$$

= 74%

Dari perhitungan diatas menunjukkan bahwa untuk pembebanan trafo 160_{KVA} sebesar 66 % dan pembebanan Trafo 100_{KVA} memiliki sebesar 79%. Sedangkan untuk Trafo 250_{KVA} yang akan melayani seluruh Hotel Tonys Villa and Resort dibebani sebesar 74%. Maka dapat disimpulkan untuk Trafo 250_{KVA} dapat mensupplay seluruh beban di Hotel Tonys Villa and Resort.

Biaya Pemasangan Upgrade Transformator 250 KVA

Untuk estimasi biaya yang dikeluarkan untuk *upgrade* dari trafo 100_{KVA} dan 160_{KVA} menjadi trafo 250_{KVA} sesuai dengan referensi dan penawaran harga adalah sebagai berikut :

- Pekerjaan Elektrical = Rp 1.124.244.000
 - Pekerjaan Sipil = Rp 440.744.000 +
- Jumlah = Rp 1.564.988.000

Jadi total biaya yang dikeluarkan untuk *upgrade* trafo 250_{KVA} sebesar Rp 1.564.988.000. Jika hotel Tonys Villa and Resort ingin meminjam dana dari Bank sebagai contoh Bank BNI dengan pinjaman sebesar Rp 1.564.988.000 dengan suku bunga 7,04% dalam waktu 1 tahun dengan jangka waktu pinjaman maksimal 25 tahun. maka estimasi pembayaran dalam 1 bulan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Angsuran pokok per bulan} &= \frac{P}{t} \\ \text{Bunga per bulan} &= \left(\frac{P \times I \times T}{jb} \right) \end{aligned}$$

Keterangan:

- P = Pokok Pinjaman
- I = Suku bunga per tahun
- t = lama pinjaman dalam bulan
- T = jumlah tahun tenor pinjaman
- Jb = jumlah bulan tenor pinjaman

Angsuran pokok per bulan

= Rp 1.564.988.000 / 25 tahun (300 bulan)

= Rp 5.216.626

Bunga per bulan

= (Rp 1.564.988.000 x 7,04% x 25) / 300

= Rp 9.181.262

Angsuran biaya yang dikeluarkan dalam waktu 1 bulan :

= Angsuran pokok per bulan + Bunga per bulan

= Rp 5.216.626 + Rp 9.181.262

= Rp 14.397.888

Jadi angsuran biaya yang harus dikeluarkan bila jumlah pinjaman sebesar Rp 1.564.988.000 dengan jangka waktu maksimal 25 tahun dengan suku bunga per tahun 7,04% adalah Rp 14.397.888

KESIMPULAN

1. Penggunaan trafo 250 KVA dinilai lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan trafo (160 KVA dan 100 KVA) dengan selisih biaya Rp 12.875.350 untuk setiap bulannya dan dapat melakukan penghematan sekitar Rp 154.504.200 dalam waktu 1 tahun.
2. Pada perhitungan biaya RM (Rekening Minimum) untuk penggunaan Trafo 250 KVA dinilai lebih efisien dan dapat menghemat biaya Rp 4.625.480 untuk setiap bulannya jika penggunaan trafo kurang dari 40 jam penggunaan dan jika pelanggan menggunakan pemakaian trafo lebih dari 40 jam pemakaian maka pembiayaan akan dihitung secara normal.
3. Dari analisis ini menunjukkan bahwa untuk pembebanan trafo 160 kVA memiliki KVA beban 66 % dan Trafo 100 KVA memiliki KVA beban 79%. Sedangkan untuk Trafo 250 KVA jika membebani seluruh Hotel Tonys Villa and Resort memiliki KVA beban 74%. Maka dapat disimpulkan untuk Trafo 250 kVA dapat mensuplay seluruh beban di Hotel Tonys Villa and Resort

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Studi, P. Teknik, and E. Fptk, "Analisis Audit Energi untuk Pencapaian Efisiensi Penggunaan Energi di Gedung JICA FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia," *Electrans*, vol. 12, no. 1, pp. 81–88, 2016.
- [2] A. SURYANI, "Audit Energi Di Gedung Graha Pakuan Siliwangi," *J. Online Mhs. Bid. Tek. ...*, pp. 1–11, 2017, [Online]. Available: <http://jom.unpak.ac.id/index.php/teknikelektro/article/view/1034%0Ahttps://jom.unpak.ac.id/index.php/teknikelektro/article/viewFile/1034/801>.
- [3] U. D. Ermawanto, "Analisa berlangganan listrik antara tegangan menengah (tm) dengan tegangan rendah (tr) dan analisa efisiensi trafo dalam rangka konservasi energi kampus undip tembalang," *Spektrum*, vol. 5, pp. 1–7, 2011.
- [4] F. Pratama and H. Mubarak, "Audit Energi Untuk Pencapaian Efisiensi Energi Listrik Pt. Intan Pariwara Klaten," no. 10, pp. 14–49, 2018.
- [5] "Jurnal SPEKTRUM Vol. 7, No. 1 Maret 2020," vol. 7, no. 1, pp. 62–68, 2020.
- [6] B. A. Raharjo, U. Wibawa, and H. Suyono, "Studi Analisis Konsumsi dan Penghematan Energi di PT. P.G. Krebet Baru I," *J. Mhs. TEUB*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2014.
- [7] A. N. Setya and A. I. Agung, "Efisiensi Energi Listrik Dalam Upaya Meningkatkan Power Quality dan Penghematan Energi Listrik di Gedung Universitas Ciputra (UC) Apartment Surabaya," *Jur. Tek. Elektro, Univ. Negeri Surabaya*, vol. 06, pp. 193–202, 2017.
- [8] Frank D. Petruzella, "Elektronik Industri, Yogyakarta : Andi, 2001."