

PENGARUH BEBAN PUNCAK TERHADAP EFISIENSI TRAFODAYA

Husein Arif¹, Eko Budi Wahyono^{2*}

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Universitas Darma Persada

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Darma Persada

*Koresponden : ekobudiwahyono9@gmail.com

ABSTRAK

Fungsi transformator mentransmisikan daya tegangan tinggi menjadi tegangan menengah (step-down) atau sebaliknya mentransmisikan tegangan menengah ke tegangan tinggi (step-up), dalam proses transformasi daya tersebut ada nilai efisiensi yang mewakili kualitas transformator. Efisiensi merupakan perbandingan antara daya masuk dan daya keluar dari sebuah transformator. Besar kecil nilai efisiensi transformator dipengaruhi oleh besarnya pembebanan, besarnya beban dapat menghasilkan panas dan menyebabkan rugi-rugi. Total rugi-rugi ini menyebabkan sebagian daya hilang, semakin besar daya hilang maka nilai efisiensi semakin kecil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beban puncak terhadap efisiensi transformator, dilakukan di PLN UPT Cawang. Efisiensi tertinggi 99,50 % dengan daya 18.8 MW, dan efisiensi terendah sebesar 99,35 % dengan daya 35.9 MW (Transformator 1). Dan efisiensi tertinggi 99,49 % dengan daya 22.2 MW dan efisiensi terendah 99,33 % dengan daya 37.9 MW (Transformator 2). Maka pengaruh beban puncak terhadap nilai efisiensi transformator adalah sebagai berikut, semakin besar beban puncak maka efisiensi semakin menurun.

Kata kunci : Beban puncak, Rugi-rugi, dan Efisiensi Transformator

1. PENDAHULUAN

Dalam bidang pembangkitan tenaga listrik, trafo dapat digunakan untuk step up maupun step down, dan dihubungkan dengan beban-beban. Daya keluaran pada sebuah transformator dengan beban tidak selalu 100% karena adanya rugi-rugi selama proses pengalokasian. Rugositas ini terdiri dari rugositas arus pusing pada inti besi dan rugi arus yang mengalir pada kawat tembaga, yang mencegah daya naik bersamaan dengan daya keluar trafo (Djufri, Idham A-2021).

Di lingkungan industri, beban yang melekat pada trafo biasanya tidak konstan dan selalu berubah, yang mengakibatkan kerugian dan variasi efisiensi trafo ketika beban pada trafo berubah (Sudiarta, 2012).

Gardu induk merupakan sistem penyaluran transmisi tenaga listrik yang fungsinya untuk mentransformasikan daya listrik. Untuk menjaga penyaluran listrik diperlukan sistem ketenagalistrikan yang baik di UPT setempat, untuk itu pembebanan perlu diperhatikan. Dua buah transformator di UPT Cawang mempunyai besaran beban yang berbeda yang mempengaruhi kinerja trafo terhadap efisiensi dan rugi-rugi. Untuk itu perlu dilakukan pengujian untuk menghitung rugi-rugi dan efisiensi transformator daya pada saat pembebanan, guna meneliti "Pengaruh Beban Puncak Terhadap Efisiensi Transformator Daya". Dengan mengatur keseimbangan beban pada kedua transformator tersebut diharapkan efisiensi akan lebih baik.

2. TEORI

2.1 Referensi

Beberapa peneliti telah menuliskan penelitiannya pada Jurnal Nasional diantaranya Seto Pamungkas yang berjudul “ Pengaruh Beban Puncak Terhadap Efisiensi Transformator 60 MVA 150/20 KV pada GI 150 KV ‘Kaliwungu’, dengan hasil yang didapat adalah sebagai berikut : Beban Puncak siang 25,6 MW efisiensi 95,6 % Beban Puncak 42,6 MW efisiensi 93,27 % dan pada Beban Puncak malam beban 37 MW efisiensi 94,46 % dan beban 40,7 MW efisiensi 93,23 %. Dan untuk transformator unit 2 pada beban puncak siang dengan beban 8,7 MW efisiensi 96,24 % beban 11,2 MW efisiensi 95,41 % dan pada beban puncak malam dengan beban 8,9 MW efisiensi 96,41 % beban 10,7 MW efisiensi 96,23 %. Kesimpulannya semakin tinggi beban efisiensi trafo semakin menurun.¹

2.2 Saluran Transmisi

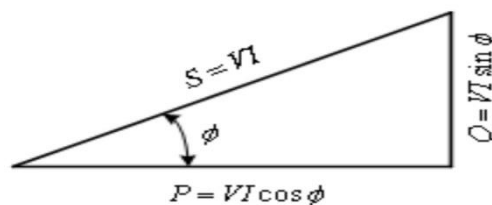
Mengirimkan listrik dari fasilitas penghasil tenaga ke gardu induk dikenal sebagai transmisi tenaga listrik. Jaringan transmisi daya adalah rute yang saling berhubungan yang memungkinkan transmisi ini. Listrik dikirim jarak jauh pada tegangan tinggi antara 70 dan 500 kV untuk mengurangi kerugian daya. Saluran listrik udara biasanya digunakan untuk mengangkut listrik karena saluran listrik bawah tanah lebih mahal untuk dibangun tetapi lebih murah untuk dirawat. Biasanya, transmisi bawah tanah terjadi di daerah perkotaan dan daerah lingkungan yang rentan.¹



Gambar 1. Saluran Transmisi Listrik

2.3 Daya Listrik

Energi yang digunakan selama bekerja disebut sebagai daya. Kuantitas energi listrik yang digunakan untuk operasi dalam sistem tenaga listrik disebut sebagai daya. Watt digunakan untuk mengukur daya listrik.



Gambar 2. Segitiga Daya

$P = V \times I$

Terdapat 3 macam daya yaitu :

1. Daya aktif (P) daya terpakai untuk melakukan usaha $P = V I \cos \varphi$
2. Daya Reaktif (Q) adalah daya yang disuplai oleh komponen reaktif, satuan daya reaktif adalah VAR.
 $Q = V I \sin \varphi$
3. Daya semu (S) daya yang dihasilkan dari perkalian antara tegangan efektif(V) dan arus efektif(I).
 $S = V I$

Daya semu juga biasa disebut daya total dan biasa ditulis dalam 'name plate' suatu peralatan listrik dengan satuan volt amper (VA)

2.4. Beban Puncak

Saat konsumen mencapai WBP (Waktu beban Puncak), konsumsi daya listriknya sudah mencapai level maksimal. Periode beban puncak ini sudah ditetapkan PLN mulai pukul 17.00 hingga 22.00 WIB. Pada kenyataannya, WBP bervariasi berdasarkan wilayah. Beban puncak yang melebihi daya suplai pembangkit menyebabkan WBP.⁵

2.5. Transformator

Transformator adalah bagian dari peralatan listrik yang menggunakan kopleng magnet untuk mengubah tingkat tegangan arus bolak-balik. Bagian utama dan sekunder transformator terdiri dari dua gulungan kawat yang terpisah satu sama lain. memiliki inti besi yang sama dengan aslinya. berdasarkan prinsip induksi magnetik, yang menurutnya rasio tegangan antara sisi primer dan sekunder berbanding lurus dengan rasio jumlah belokan dan rasio arus.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{i_p}{I_s} \quad (1)$$

Dimana, V_p = Tegangan primer, V_s = Tegangan sekunder, N_p = Jumlah lilitan primer; N_s = Jumlah lilitan sekunder, I_p = Arus primer; I_s = Arus sekunder.

2.5. Efisiensi Transformator

Walaupun tidak bergerak, trafo tetap mengalami rugi-rugi, meskipun lebih kecil dibandingkan dengan yang dialami oleh peralatan listrik lainnya seperti mesin atau mesin penggerak lainnya. Efisiensi minimal 95%.³

Rasio daya output dan daya input dikenal sebagai efisiensi transformator, dan dinyatakan secara matematis sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + R_{ugi2}} \times 100 \% \quad (2)$$

Dan untuk mencari rugi-rugi total dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Sigma R_{ugi2} = P_{cu} + P_i \quad (3)$$

Dimana : ΣR_{ugi2} = Rugi Total; η = efisiensi; P_{out} = Daya keluar(watt); P_{in} = Daya Masuk(watt); P_{cu} = Rugi tembaga; P_i = Rugi besi. (Standar SPLN(1997:67) untuk efisiensi transformator adalah 99.57%).

3. METODE

3.1 Jenis Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni dengan metode kuantitatif. Dalam penelitian ini dilakukan pengkajian data-data pada transformator 150 KV. Data-data tersebut diolah untuk mendapat kan beban puncak dan kemudian menghitung efisiensi transformator.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Dilakukan penelitian terhadap dua buah transformator 60 MVA pada gardu induk 150 KV UPT Cawang, pada bulan September 2022.

3.3 Transformator Daya di GI UPT Cawang

Pada Gardu Induk (GI) UPT Cawang terdapat dua buah trafo daya yang digunakan untuk penyaluran daya dari tegangan 150 KV ke tegangan distribusi 20 KV, transformator tersebut mempunyai data-data sebagai berikut :

A. Transformator daya 1		B. Transformator daya 2	
Merek	: HYUNDAI	Merek	: PAUWELS TRAF0
Year Manufacture	: 1988	Year Manufacture	: 1997
Standard	: IEC-76	Standar	: IEC60076
Rating Power	: 60 MVA	Rating Power	: 60 MVA
Voltage Primer	: 150 KV	Voltage Primer	: 150 KV
Voltage Sekunder	: 20 KV	Voltage Sekunder	: 20 KV
Current Primer	: 231 A	Current Primer	: 231 A
Current Sekunder	: 1732 A	Current Sekunder	: 1732 A
Type of Colling	: ONAN/ONAF	Pendingin	: ONAN/ONAF
Frequency	: 50 Hz	Frequency	: 50 Hz
Phases	: 3	Phases	: 3
Vector Group	: TnynO (d11)	Vector Group	: YnynO (d11)
Kabel fasa (R S T) : NYY 06 400 mm ² dengan resistansi sebesar 0,0610 Ω /km			

3.4. Data Pembebanan

Data pembebanan Transformator Daya 1 dan 2 di Gardu Induk 150 KV UPT Cawang pada bulan September 2022. Data diambil pada Beban Puncak Terendah(Biru) dan Beban Puncak Tertinggi(Merah).

Tabel 1. Tabel Beban Puncak pada bulan September untuk Transformator 1 (Terendah dan Tertinggi)

Tanggal	TRANSFORMATOR I						DAYA (MW)
	TEGANGAN (V)			ARUS (A)			
	R-S	S-T	R-T	R	S	T	
4	20.1	20.3	20	547,01	547.01	551,99	18.8
11	20.2	20.3	20.1	1039	1029	1034	35.9

Tabel 2. Tabel Beban Puncak pada ulan September untuk Transformator 2
(Terendah dan Tertinggi)

Tanggal	TRANSFORMATOR II						DAYA (MW)
	TEGANGAN (V)			ARUS (A)			
	R-S	S-T	R-T	R	S	T	
4	20.1	20.3	20	646,47	641,5	646,74	22.2
5	20.2	20.3	20.1	1089	1089	1089	37.9

4. HASIL DAN PEMBAHAAN

4.1 Arus Rata-Rata

Untuk menghitung arus rata-rata beban trafo tersebut dengan contoh beban tertinggi pada tanggal 5 September pada transformator 2 adalah sebagai berikut :

$$I \text{ rata-rata} = \frac{IR+IS+IT}{3}; I \text{ rata-rata} = \frac{1089+1089+1089}{3}; I \text{ rata-rata} = \frac{3267}{3} = 1089$$

4.2 Menghitung Daya Semu

Berdasarkan data beban puncak tertinggi tanggal 5 September 2022 dapat dihitung daya semu sebagai berikut :

Tabel 3. Daya Semu

Tanggal	TRANSFORMATOR II						DAYA (MW)
	TEGANGAN (V)			ARUS (A)			
	R-S	S-T	R-T	R	S	T	
5	20.2	20.3	20.1	1089	1089	1089	37.9

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I; S = \sqrt{3} \cdot 20.2 \cdot 1089; S = 38,1 \text{ MVA}$$

Guna mendapatkan Cos Phi, dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Cos } \Phi = \frac{P(W)}{S(VA)}; \text{Cos } \Phi = \frac{37,9}{38,1} = 0,99$$

4.3 Perhitungan Rugi Tembaga

Rugi tembaga disebabkan karena arus beban listrik yang mengalir pada kawat tembaga berikut analisa rugi-rugi pada transformator 2. Data diambil pada data tanggal 5 September 2022 dari tabel diatas, dan dibawah ini adalah perhitungan rugi-rugi tembaga.

$$\begin{aligned} P_{cu} &= iR^2 \cdot R + iS^2 \cdot R + iT^2 \cdot R \\ &= (1089)^2 \cdot 0,0610 + (1089)^2 \cdot 0,0610 + (1089)^2 \cdot 0,0610 \\ &= 217,02 \text{ kw. (Rugi tembaga pada tanggal 5 September 217,02 kw)} \end{aligned}$$

4.4 Rugi-rugi Total

Rugi-rugi Total terdapat dalam rumus Efisiensi Transformator, sehingga guna menghitung efisiensi kita hitung terlebih dahulu Rugi-rugi Total (Σ Rugi2).

$$\begin{aligned} \Sigma \text{Rugi2} &= P_{cu} + P_i \\ &= 217,02 \text{ kw} + 38 \text{ kw} \\ &= 255,02 \text{ kw} \end{aligned}$$

4.5 Efisiensi Transformator

Masukkan hasil Rugi-rugi Total diatas dalam rumus Efisiensi Transformator ebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \Sigma R_{ugi2}} \times 100 \% = \frac{37900}{37900 + 255,02} \times 100 \% = \frac{37900}{37900} \times 100 \% = 99,33 \%$$

Jadi efisiensi transformator 2 pada beban 37.900 MVA adalah 99,33 %

4.6 Hasil Perhitungan Kedua Tranformator

Dalam perhitungan diatas ditampilkan hanya pada Transformator 2 pada tanggal 5 September 2022, dalam tabel berikut ditampilkan baik hasil Transformator 1 maupun Transformator 2 untuk Beban Puncak Terbesar dan Beban Puncak Terkecil.

Tabel 4. Tabel hasil hitungan efisiensi transformator 1 dan 2.

Tanggal	TRANSFORMATOR I							
	Tegangan (KV)	DAYA		Arus (A)	Cos Phi	Pcu (kw)	Rugi Total(kw)	Efisiensi %
		MW	MVA					
4	20.1	18.8	19.1	548,67	0.98	55,08	93,08	99,50
11	20.2	35.9	36.2	1034	0.99	195,65	233,65	99,35

Tanggal	TRANSFORMATOR II							
	Tegangan (KV)	DAYA		Arus (A)	Cos Phi	Pcu (kw)	Rugi Total(kw)	Efisiensi %
		MW	MVA					
4	20.1	22.2	22.4	644,9	0.99	76,10	114,1	99,49
5	20.2	37.9	38.1	1034	0.99	217,02	255,02	99,33

Dengan SPLN untuk Efisiensi Transformator sebesar 99,57 %, nampak hasil perhitungan efisiensi Transformator 1 maupun Transformator 2 tidak terlalu jauh dari SPLN.

5. KESIMPULAN

Untuk GI 150 KV PLN UPT Cawang hail perhitungan efisiensi Transformator 1 sebesar (99,35 – 99,50) % untuk beban (35,9 – 18,8) MW, sedang kan untuk Tranformator 2 ebesar (99,33 – 99,49) % untuk beban (37,9 – 22,2) MW. Semakin besar Beban Puncak Efisiensi semakin turun, namun demikian penurunan efisiensi transformator tersebut tidak terlalu jauh dari SPLN 99,57 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pamungkas Seto, *Analisis Pengaruh Beban Puncak Terhadap Efisiensi Transformator 60mva 150/20 KV Unit 1 dan 2 di Gardu Induk Kaliwungu*
2. Oktaviani Ledi, 2021, *Analisis Pengaruh Beban Puncak Terhadap Efisiensi Trafo Daya di Gardu Induk 150 KV Purbalingga*
3. Erwanto, Agung Warsito, and Karnoto, 2011, *Analisa Berlangganan Listrik Antara Tegangan Menengah, Tegangan Rendah dan Analisa Efisiensi Trafo dalam Rangka Konservasi Energi Kampus Undip Tembalang*, Diss Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip
4. Djufri Idham A, 2021, *Transformator*, Depublish

5. Mulyadi Agus, Zulfikar, and Zulhelmi, "Desain Sistem Transfer Beban Otomatis dari Sumber PLN ke PLTS pada Waktu Beban Puncak(WBP).", Jurnal Komputer Informatika Teknologi dan Elektro 2.4, 2017.

