ANALISIS PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP EFISIENSI DAN SUSUT UMUR TRANSFORMATOR STEP UP 6kV / 70kV DI PLTU SUMBAWA BARAT UNIT 1 DAN 2 2×7 MW PT.PLN (PERSERO) UPK TAMBORA

Ilham Bayu Tiasmoro¹, Wirentake², Paris Ali Topan³

^{1*}Fakultas Rekayasa Sistem Universitas Teknologi Sumbawa

^{2,3}Fakultas Rekayasa Sistem Universitas Teknologi Sumbawa

*Corresponding Author email: ¹ilham.yiasmoro@gmail.com, ²wirentake@uts.ac.id, ³paris.ali.topan@uts.ac.id

Abstrak

Diterima:
Bulan Juni 2021

Diterbitkan :
Bulan Juli 2021

Keyword :
PLTU, Pengaruh
Pembelian,
Efisiensi, Susut
Umur,
Transformator

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar faktor beban yang fluktuatif terhadap efisiensi dan susut umur (*loss of life*) transformator 6kV/ 70kV serta mengetahui besar beban optimal agar mendapatkan efisiensi terbaik dan meminimalisir susut umur (*Loss of Life*). Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi PLTU Unit 1 ada di angka 93,3 % dengan output daya 5,8 MW dan daya input 6,21 MW sedangkan yang paling rendah ada di angka 83,9 % dengan output daya 5,5 MW dan daya input 6,55 MW. Efisiensi tertinggi PLTU Unit 2 ada di angka 95,7 % dengan output daya 5,5 MW dan daya input 5,75 MW sedangkan yang paling rendah ada di angka 61,03 % dengan output daya 3,3 MW dan daya input 5,41 MW. Sementara susut umur transformator Unit 1 PLTU Sumbawa Barat adalah 0,0469 jam/hari dengan rata-rata beban 5,8 MW sedangkan untuk Unit 2 adalah 0,0311 jam/hari dengan rata-rata beban 5,2 MW. Besar kecilnya susut umur transformator tergantung dari pembebanan yang diberikan, makin besar beban maka makin besar pula susut umurnya. Dalam hal ini memang untuk Unit 1 dibebani lebih tinggi daripada Unit 2 sehingga terlihat bahwa susut umur transformator Unit 2 lebih kecil. Sedangkan Beban optimal pada PLTU ada di posisi 80-85 % dari daya mampunya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pltu Sumbawa untuk sebaiknya melakukan pemerataan dan pengoptimalan beban agar tidak terjadi timpang antara kapasitas transformator dengan daya yang diproduksi serta melakukan pemeliharaan transformator secara rutin guna mengurangi *losses* yang terjadi.

PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) adalah perusahaan listrik nasional yang bergerak dibidang bisnis mulai dari pembangkit, transmisi, dan distribusi. Proyek bisnis dimulai dari Sabang sampai Merauke dan pulau-pulau kecil di Indonesia. Kewajiban PLN adalah menerangi seluruh nusantara termasuk pulau-pulau terluar Indonesia. Sistem PLN sangat kompleks mulai dari interkoneksi seluruh pembangkit sampai bahkan ada yang terisolir (Choiri, 2017). Kebutuhan akan energi listrik saat ini menjadi prioritas utama masyarakat di dalam kehidupan sehari-hari. Maka dari itu, kehandalan sistem dan pembangkit listrik mutlak harus dijaga demi pelayanan yang prima, terutama di wilayah kerja PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan (UPK) Tambora, karena UPK tersebut merupakan pembangkit *base load* yang diharapkan kehandalannya untuk tetap mengaliri listrik ke seluruh pulau Sumbawa.

UPK Tambora membawahi beberapa unit layanan pembangkit, antara lain; pembangkit *diesel*, pembangkit uap, pembangkit mesin gas, dan pembangkit mikro hidro. Unit Layanan Pembangkit Uap yang berada dibawah UPK Tambora adalah PLTU Sumbawa Barat. PLTU

Sumbawa Barat merupakan pembangkit listrik tenaga uap yang terletak di Desa Kertasari Kecamatan Taliwang Kabupaten Sumbawa Barat. Pembangkit listrik tersebut terdiri dari 2 unit pembangkit dengan kapasitas masing-masing 7 MW menggunakan batubara kalori rendah ± 3800 kcal/kg.

Energi listrik yang dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan listrik di sistem Sumbawa. disalurkan melalui jaringan transmisi SUTT 70 KV dari *switchyard* di pembangkit ke pusat beban di Gardu Induk Taliwang. Dengan sudah tersambungny sistem interkoneksi antar pulau Sumbawa dari Taliwang sampai dengan Sape maka PLTU Sumbawa Barat merupakan pembangkit *base load* yang diharapkan kehandalannya untuk tetap mengaliri listrik ke seluruh pulau Sumbawa.

Pola pembebanan yang dilayani oleh PLTU Sumbawa Barat bersifat fluktuatif, karena sebagian besar konsumsi energi listrik di pulau Sumbawa diperuntukkan kepada pelanggan sektor rumah tangga. Beban yang bersifat fluktuatif ini menimbulkan rugi-rugi pada transformator. Ketika suatu transformator diberi energi akan timbul rugi-rugi inti, rugi-rugi kumparan dan rugi-rugi bocor merupakan sumber panas dan menyebabkan

kenaikan suhu kumparan dan minyak transformator (Srinivasan & Krishnan, 2012). Kinerja transformator daya ditentukan melalui parameter rugi-rugi daya (*losses*) yang terjadi pada transformator (Erviyanto & Rizky, 2019). Jika terjadi rugi-rugi pada inti besi dapat menyebabkan timbulnya panas dan getaran yang berlebih pada transformator sehingga menyebabkan nilai efisiensi dan usia pakai transformator (*Loss of Life*) menjadi berkurang.

Adapun tujuan dari penelitian ini yakni untuk mengetahui besar faktor beban yang fluktuatif terhadap efisiensi dan susut umur (*loss of life*) transformator 6kV/ 70kV serta mengetahui besar beban optimal agar mendapatkan efisiensi terbaik dan meminimalisir susut umur (*Loss of Life*)

LANDASAN TEORI

Pengertian Umum Transformator

Transformator merupakan suatu peralatan mesin listrik statis yang beroperasi dengan induksi elektromagnetik. Transformator berfungsi untuk menyuplai energi dari satu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya (Wijaya, 2001).

Prinsip Kerja Transformator

Sebuah transformator sederhana pada dasarnya terdiri dari 2 kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Pada kebanyakan transformator, kumparan ini dililitkan pada sebuah inti. Seperti terlihat pada Gambar di bawah.

Gambar Prinsip Kerja Transformator

Apabila kumparan primer dihubungkan pada sumber tegangan yang bolak-balik, maka fluks bolak-balik ini akan muncul di dalam inti (*core*) dan membentuk jaringan tertutup (*close loop*), maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks pada kumparan primer, maka dikumparan primer terjadi induksi (*self induction*). Selain itu, juga terdapat induksi dikumparan sekunder karena pengaruh kumparan primer (*mutual induction*) sehingga menyebabkan munculnya fluks magnet pada kumparan sekunder.

Jika rangkaian sekunder dibebani energi listrik dapat disalurkan secara menyeluruh (Zuhal, 1995).

Susut Umur Transformator (*Loss of Life*)

Pada saat transformator memikul beban, semakin besar beban yang dipikul transformator semakin besar pula susut umurnya, demikian juga sebaliknya semakin kecil beban yang dipikul transformator maka semakin kecil pula susut umur pada transformator tersebut. Hal ini berkaitan dengan kenaikan temperatur pada inti transformator dan belitan kawat. Dimana kenaikan beban berbanding lurus dengan kenaikan temperatur inti transformator dan belitan kawat. Besar susut umur pada transformator karena pengaruh isolasi belitan saja tanpa memperhitungkan pengaruh yang lain dapat ditentukan sebagai berikut (Najdenkoski dkk, 2007)

$$L = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N X_n$$

Keterangan:

L = Susut umur (jam)

X_n = Laju penuaan *Thermal* relative pada jam ke- n dikalikan dengan waktu operasional transformator

Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya listrik yang keluar dari transformator (*out*) dengan daya listrik yang masuk pada transformator (*in*), transformator yang ideal efisiensinya 100% akan tetapi pada kenyataannya efisiensi transformator kurang dari 100%. Hal ini dikarenakan rugi-rugi yang telah dijelaskan diatas sehingga energi listrik menjadi energi panas atau gerak. Efisiensi transformator dinyatakan dalam persamaan :

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

Dengan:

η = Efisiensi

P_{out} = Daya Keluar

P_{in} = Daya Masuk

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan penelitian ini adalah dengan metode kuantitatif. Menurut Amiruddin (2010) Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang dilakukan dengan pengumpulan data dan menggunakan daftar pertanyaan berstruktur (angket) yang disusun berdasarkan pengukuran terhadap variabel yang diteliti yang kemudian menghasilkan data kuantitatif. Sementara menurut Sugiyono (2011) penelitian kuantitatif adalah penelitian berupa

angka-angka dan analisis menggunakan statistik. Sedangkan menurut Ahmad Suyitno dan Tanze (2006), yang dimaksud penelitian kuantitatif adalah penelitian yang menitik beratkan pada penyajian data yang berbentuk angka atau kualitatif yang diangkakan (skoring) yang menggunakan statistik. Dengan kata lain, dalam penelitian kuantitatif peneliti berangkat dari sebuah teori (menguji sebuah teori) menuju data dalam bentuk angka dan berakhir pada penerimaan atau penolakan dari teori yang telah diuji kebenarannya. Penelitian kuantitatif bertumpu sangat kuat pada pengumpulan data. Data yang dimaksud berupa data yang diperoleh dari hasil pembacaan titik transaksi untuk dimasukkan dilakukan perhitungan dan analisa.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan membagi jenis data yang dikumpulkan menjadi 2 jenis, yakni data primer dan data sekunder.

Data Primer adalah data yang dikumpulkan dan diolah sendiri oleh peneliti langsung dari subjek atau objek penelitian yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Sumbawa Barat, tepatnya di kantor PLTU Sumbawa Barat. Untuk mendapatkan data primer ini digunakan metode wawancara yang dilakukan dengan pihak-pihak terkait dan juga pengambilan data langsung di lapangan. Sementara Data Sekunder adalah data yang didapatkan tidak secara langsung dari objek atau subjek penelitian. Dalam metode ini, data diperoleh melalui referensi-referensi dari berbagai macam buku dan literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang diambil.

Tahapan Penelitian

1. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengidentifikasi dan merumuskan masalah. Setelah rumusan masalahnya diformulasikan barulah dilanjutkan ke tahap selanjutnya yakni melakukan studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan informasi terkait dengan topik bahasan yang akan dibahas. Literatur-literatur yang didapatkan diperoleh dari laporan penelitian, tesis, buku-buku, dan sumber-sumber lainnya baik dari media cetak maupun internet atau bahkan penelitian sebelumnya yang sudah pernah dilakukan di PLTU Sumbawa Barat.

2. Studi Lapangan dan Pengumpulan Data

Pada tahapan ini penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan dan observasi secara langsung ke lapangan dimana lokasi tempat penelitian yaitu di Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) Sumbawa Barat 2x7 MW di Desa Labuhan Kertasari, Kecamatan Taliwang, Kabupaten Sumbawa Barat – NTB. Data-data yang didapatkan dari lapangan adalah data

setiap jam operasi PLTU seperti; daya gross, daya net, daya auxiliary, daya reaktif, temperatur oli trafo, LV winding temperature dan daya beban gardu induk.

3. Menghitung Loss of Life Transformator

Setelah mendapatkan data yang sudah disesuaikan dengan kebutuhan penelitian, kemudian dilakukan perhitungan usia pakai transformator (*Loss of Life*) sesuai dengan metode dan perumusan yang terkait. Untuk melakukan perhitungan susut umur transformator menggunakan standar IEC354 terdapat beberapa tahap, yaitu: menghitung ratio pembebanan dan perbandingan rugi yang kemudian digunakan untuk menghitung kenaikan temperatur stabil *Top Oil* serta kenaikan temperatur *Top Oil*. Dari persamaan ratio pembebanan yang diperoleh selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan selisih temperatur antara *Hot Spot* dengan *Top Oil*. Kemudian dari persamaan kenaikan temperatur *Top Oil* dan selisih temperatur antara *Hot Spot* dengan *Top Oil* yang diperoleh dilakukan perhitungan temperatur *Hot Spot* dengan menggunakan data temperatur lingkungan. Selanjutnya berdasarkan hasil persamaan perhitungan temperatur *Hot Spot* maka laju penuaan *Thermal* relatif dapat dihitung dengan menggunakan metode IEC354 yang kemudian hasilnya digunakan untuk menghitung pengurangan umur transformator daya. Setelah dilakukannya tahapan perhitungan tersebut, maka didapatkan susut umur dari transformator yang digunakan pada PLTU Sumbawa Barat yang berkapasitas 10 MVA.

4. Menghitung Efisiensi Transformator

Selanjutnya setelah dilakukan perhitungan usia pakai (*Loss of Life*) transformator kemudian dilakukan perhitungan efisiensi transformator berdasarkan data beban yang diproduksi dan juga data beban yang termonitor di Gardu Induk PLTU Sumbawa selama 24 jam terakhir dan mencari pada beban berapakah yang mempunyai efisiensi paling baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Teknik PLTU Sumbawa Barat Unit 1 dan 2

Untuk dapat mencari susut umur dan juga efisiensi transformator pada penelitian ini didapatkan terlebih dahulu data real time kondisi pembangkit yang bisa diambil dari Control Room. Data yang diambil adalah pada tanggal 18 Juni 2020 dimana PLTU Sumbawa Barat beroperasi 2 unit dimana pada bulan sebelumnya hanya beroperasi 1 unit dikarenakan sedang dilaksanakannya overhaul pada unit 1. Adapun data teknik yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel Data Teknik PLTU Sumbawa Barat Unit 1

PLTU Unit 1									
	Power Generator					Transformator			
	P Gross (kW)	P Semu (kVA)	P Nett (kW)	P Reactive (kVar)	P Aux (kW)	Oil Temp (°C)	LV Winding (°C)	HV Winding (°C)	Winding Avg (°C)
Pukul	01.00	6434	6518	5934	1025	500	49	47	47
	02.00	6411	6510	5911	999	500	48	46	46,5
	03.00	6226	6240	5726	967	500	48	46	46
	04.00	6653	6672	6153	764	500	47	46	46,5
	05.00	6555	6591	6055	767	500	47	46	45,5
	06.00	6308	6330	5808	1090	500	47	45	45
	07.00	6404	6530	5904	1001	500	47	45	45
	08.00	6127	6229	5627	1150	500	47	46	45,5
	09.00	6176	6264	5676	1255	500	48	47	46,5
	10.00	6214	6327	5714	1319	500	49	48	48
	11.00	6420	6549	5920	1454	500	51	50	49,5
	12.00	6459	6590	5959	1306	500	52	52	51,5
	13.00	6138	6330	5638	1552	500	53	52	52,5
	14.00	6250	6408	5750	1641	500	54	54	53,5
	15.00	6483	6812	5983	1379	500	54	53	53
	16.00	6178	6383	5678	1366	500	54	53	53
	17.00	6664	6760	6164	1395	500	53	52	51,5
	18.00	6158	6307	5658	1655	500	52	50	50,5
	19.00	6436	6582	5936	1683	500	52	50	49,5
	20.00	6134	6293	5634	1415	500	49	47	47
	21.00	6553	6655	6053	1354	500	48	47	46,5
	22.00	6327	6383	5827	1224	500	48	46	46
	23.00	6365	6494	5865	930	500	48	46	45,5
	24.00	6433	6523	5933	960	500	48	46	46

Tabel Data Teknik PLTU Sumbawa Barat Unit 2

PLTU Unit 2									
	Power Generator					Transformator			
	P Gross (kW)	P Semu (kVA)	P Nett (kW)	P Reactive (kVar)	P Aux (kW)	Oil Temp (°C)	LV Winding (°C)	HV Winding (°C)	Winding Avg (°C)
Pukul	01.00	5407	5495	4907	1008	500	52	42	41,5
	02.00	5863	5912	5363	811	500	52	42	41,5
	03.00	5747	5812	5247	841	500	52	42	41,5
	04.00	6301	6343	5801	522	500	52	43	41
	05.00	6508	6585	6008	855	500	52	43	42,5
	06.00	6547	6551	6047	1008	500	53	43	42,5
	07.00	6126	6250	5626	967	500	53	43	42,5
	08.00	6391	6493	5891	1156	500	53	44	42
	09.00	6074	6210	5574	1278	500	55	45	44,5
	10.00	6116	6272	5616	1290	500	57	45	46,5
	11.00	4714	4800	4214	1306	500	63	47	46,5
	12.00	5443	5605	4943	1366	500	63	48	48
	13.00	5029	5291	4529	1570	500	62	49	49
	14.00	5497	5556	4997	1521	500	64	50	50
	15.00	5520	5714	5020	1447	500	60	50	50
	16.00	5330	5523	4830	1379	500	63	47	48,5
	17.00	5331	5566	4831	1446	500	58	47	46,5
	18.00	5397	5583	4897	1452	500	56	46	45,5
	19.00	5167	5364	4667	1486	500	56	46	45,5
	20.00	5355	5546	4855	1329	500	55	44	43
	21.00	5316	5397	4816	1361	500	58	47	46,5
	22.00	5344	5542	4844	1286	500	63	47	48,5
	23.00	5286	5417	4786	1019	500	52	41	41,5
	24.00	5524	5609	5024	1101	500	52	43	42,5

Perhitungan Rasio Pembebanan

Berdasarkan data teknik diatas maka di dapatkan rasio pembebanan transformator unit 1 dan 2 PLTU Sumbawa Barat sebagai berikut :

Contoh Perhitungan PLTU Unit 1 Jam 01.00

$$K = \frac{S}{S_r}$$

$$K = \frac{6,518 \text{ MVA}}{10 \text{ MVA}}$$

$$K = 0,65$$

Grafik Rasio Pembebanan PLTU Sumbawa Barat Unit 1

Grafik Rasio Pembebanan PLTU Sumbawa Barat Unit 2

Berdasarkan hasil grafik rasio pembebanan diatas dapat dilihat bahwa trend beban di PLTU Sumbawa Barat Unit 1 lebih tinggi dibandingkan dengan Unit 2, hal ini dikarenakan Unit 1 baru saja dilakukan overhaul sehingga daya mampu dan ketahanan materialnya lebih baik. Pembebanan PLTU di sistem interkoneksi Sumbawa-Bima cenderung tidak dibebani maksimal karena sudah terdapat 2 buah PLTMG yang mempunyai daya mampu cukup besar.

Perhitungan Susut Umur Transformator (Loss of Life)

Setelah mendapatkan semua parameter selanjutnya untuk susut umur transformator (Loss of Life) dapat dihitung menggunakan rumus yang sudah dijelaskan sebelumnya. Susut umur transformator dikalkulasi dengan satuan jam per hari guna mengetahui pengurangan umur transformator setiap harinya. Adapun perhitungan susut umur transformator PLTU Sumbawa Barat Unit 1 dan 2 adalah sebagai berikut :

Contoh Perhitungan PLTU Unit 1

$$L = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N X_n$$

$$L = \frac{0,048 + 0,048 + 0,04 + 0,054 + 0,051 + 0,042 + 0,049 + 0,04 + 0,041 + 0,042 + 0,049 + 0,051 + 0,042 + 0,045 + 0,059 + 0,044 + 0,057 + 0,042 + 0,05 + 0,041 + 0,053 + 0,044 + 0,047 + 0,048}{24}$$

$$L = 0,0469 \text{ Jam/Hari}$$

Tabel Hasil Perhitungan Susut Umur
Transformator PLTU Sumbawa Barat Unit 1 dan 2

Unit 1		
	X (Jam)	L (Jam/hari)
Pukul	01.00	0.048
	02.00	0.048
	03.00	0.040
	04.00	0.054
	05.00	0.051
	06.00	0.042
	07.00	0.049
	08.00	0.040
	09.00	0.041
	10.00	0.042
	11.00	0.049
	12.00	0.051
	13.00	0.042
	14.00	0.045
	15.00	0.059
	16.00	0.044
	17.00	0.057
	18.00	0.042
	19.00	0.050
	20.00	0.041
	21.00	0.053
	22.00	0.044
	23.00	0.047
	24.00	0.048
		0.0469

Unit 2		
	X (Jam)	L (Jam/hari)
Pukul	01.00	0.025
	02.00	0.032
	03.00	0.030
	04.00	0.043
	05.00	0.050
	06.00	0.049
	07.00	0.040
	08.00	0.047
	09.00	0.039
	10.00	0.041
	11.00	0.017
	12.00	0.027
	13.00	0.022
	14.00	0.026
	15.00	0.029
	16.00	0.026
	17.00	0.026
	18.00	0.026
	19.00	0.023
	20.00	0.026
	21.00	0.024
	22.00	0.026
	23.00	0.024
	24.00	0.027
		0.0311

Dari grafik diatas terlihat bahwa susut umur transformator pada PLTU Sumbawa Barat Unit 1 adalah 0,0469 Jam/hari sedangkan pada Unit 2 adalah 0,0311 Jam/hari. Hal ini diakibatkan oleh pembebanan pada Unit 1 yang lebih tinggi dibandingkan dengan Unit 2 yang hanya sekitar 60% dari pembebanan maksimal transformator.

Perhitungan Efisiensi Transformator

Daya keluaran dari transformator bisa didapatkan dari monitoring di Gardu Induk PLTU sedangkan daya masukan transformator bisa kita ambil dari Control Room PLTU Sumbawa Barat. Adapun perhitungan efisiensi transformator selama 24 jam adalah sebagai berikut :

Contoh Perhitungan PLTU Unit 1 Jam 01.00

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

$$\eta = \frac{5,7 \text{ MW}}{6,43 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$\eta = 88,59 \%$$

Tabel hasil perhitungan efisiensi PLTU Sumbawa Barat Unit 1 dan 2

	GT 1	GT 2	Unit 1	Unit 2	Efisiensi (%)	
	P _{out} (MW)	P _{out} (MW)	P _{in} (MW)	P _{in} (MW)	Unit 1	Unit 2
01.00	5,7	3,3	6,43	5,41	88,59	61,03
02.00	5,6	4	6,41	5,86	87,35	68,22
03.00	5,7	5,5	6,23	5,75	91,55	95,70
04.00	5,9	5,7	6,65	6,30	88,68	90,46
05.00	5,6	5,8	6,56	6,51	85,43	89,12
06.00	5,4	5,8	6,31	6,55	85,61	88,59
07.00	5,5	5,4	6,40	6,13	85,88	88,15
08.00	5,7	5,6	6,13	6,39	93,03	87,62
09.00	5,6	5,4	6,18	6,07	90,67	88,90
10.00	5,8	4,2	6,21	6,12	93,34	68,67
11.00	5,7	4	6,42	4,71	88,79	84,85
12.00	5,7	4,5	6,46	5,44	88,25	82,67
13.00	5,4	4,5	6,14	5,03	87,98	89,48
14.00	5,6	4,8	6,25	5,44	89,60	88,28
15.00	5,7	5	6,48	5,52	87,92	90,58
16.00	5,6	4,9	6,18	5,33	90,64	91,93
17.00	5,7	4,8	6,66	5,33	85,53	90,04
18.00	5,5	4,8	6,16	5,40	89,31	88,94
19.00	5,5	4,9	6,44	5,17	85,46	94,83
20.00	5,3	4,8	6,13	5,36	86,40	89,64
21.00	5,5	4,8	6,55	5,32	83,93	90,29
22.00	5,8	4,7	6,33	5,34	91,67	87,95
23.00	5,6	4,8	6,37	5,29	87,98	90,81
24.00	5,5	4,9	6,43	5,52	85,50	88,70

Grafik efisiensi selama 24 jam di PLTU Sumbawa Barat Unit 1

Grafik efisiensi selama 24 jam di PLTU Sumbawa Barat Unit 2

Pada grafik diatas terlihat bahwa efisiensi transformator PLTU Sumbawa Barat Unit 1 dan 2 berbeda. PLTU Unit 1 cenderung memiliki efisiensi yang konstan sedangkan Unit 2 menunjukkan efisiensi yang naik dan turun seiring dengan kebutuhan beban oleh konsumen. Efisiensi pada PLTU Unit 2 di angka 61,03 % sedangkan efisiensi terbesar ada di angka 95,7 %. Untuk Unit 1 efisiensi terkecil di angka 83,9 % dan terbesar di angka 93,3 %. Pembebanan pada PLTU Sumbawa Barat memang berfluktuatif karena mayoritas konsumen adalah rumah tangga.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis pengaruh pembebanan terhadap efisiensi dan susut umur transformator step up 6kv / 70kv di PLTU Sumbawa Barat unit 1 dan 2 adalah sebagai berikut:

1. Efisiensi tertinggi PLTU Unit 1 ada di angka 93,3 % dengan output daya 5,8 MW dan daya input 6,21 MW sedangkan yang paling rendah ada di angka 83,9 % dengan output daya 5,5 MW dan daya input 6,55 MW. Efisiensi tertinggi PLTU Unit 2 ada di angka 95,7 % dengan output daya 5,5 MW dan daya input 5,75 MW sedangkan yang paling rendah ada di angka 61,03 % dengan output daya 3,3 MW dan daya input 5,41 MW. Pembebanan transformator tidak ada yang berada dibawah angka 60 % karena apabila ada yang berada dibawah 60% maka lebih baik menggunakan transformator dengan kemampuan daya yang lebih kecil. Besar kecilnya pembebanan tidak berpengaruh terhadap efisiensi transformator, akan tetapi perbedaan efisiensi ini tergantung dari losses yang terjadi di dalam transformator, makin besar losses maka efisiensi transformator semakin kecil.
2. Susut umur transformator Unit 1 PLTU Sumbawa Barat adalah 0,0469 jam/hari dengan rata-rata beban 5,8 MW sedangkan untuk Unit 2 adalah 0,0311 jam/hari dengan rata-rata beban 5,2 MW. Besar kecilnya susut umur transformator tergantung dari pembebanan yang diberikan, makin besar beban maka makin besar pula susut umurnya. Dalam hal ini memang untuk Unit 1 dibebani lebih tinggi daripada Unit 2 sehingga terlihat bahwa susut umur transformator Unit 2 lebih kecil.
3. Beban optimal pada PLTU ada di posisi 80-85 % dari daya mampunya. Untuk Unit 1 sudah memenuhi syarat dengan beban 6,21 MW keluaran dari generator yang mempunyai efisiensi transformator cukup baik. Untuk Unit 2 masih banyak pembebanan yang dibawah 80% bahkan sampai 65% dari daya mampunya.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang sudah ditarik, maka adapun saran yang bisa diberikan antara lain:

1. Operator PLTU Sumbawa Barat baiknya melakukan pemerataan dan pengoptimalan beban di posisi 80-90% dari daya mampu untuk PLTU, baik Unit 1 maupun Unit 2 agar tidak terjadi timpang antara kapasitas transformator dengan daya yang diproduksi.
2. Bagi Tim Pemeliharaan PLTU Sumbawa Barat, untuk sebaiknya melakukan pemeliharaan transformator secara rutin guna mengurangi losses yang terjadi. Apabila memungkinkan, fungsikan pendinginan secara ONAF meskipun beban tidak maksimal.
3. Bagi peneliti selanjutnya yang ingin melakukan penelitian terkait, disarankan untuk berfokus terhadap kerugian yang terjadi di dalam transformator itu sendiri guna memperbaiki efisiensi transformator.

REFERENSI

- Choiri, E.S.A. 2017. *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator 20kV/150 kV di PLTU Cilacap Unit 1&2 2x300 MW PT. Sumber Segara Primadaya Cilacap*. Surakarta: Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ervianto, E., Rizki, Y.Y. (2019). *Perkiraan Umur Transformator Berdasarkan Pengaruh Pembebanan Dan Temperatur Lingkungan Menggunakan Metode Trend Linear*. Riau: Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Erwansyah. 2013. *Bagian-Bagian Transformator dan Fungsinya* (Online). (<http://erwansyah19.blogspot.com>)/ diakses pada 4 Mei 2020.
- Gianto, A.S., Irianto, C.G., Gianto, D., (2015). Perhitungan Penurunan Umur Transformator Akibat Pengaruh Suhu Lingkungan. *JETri*. Vol. 13; No. 1, Hal. 15-36.
- Herawati, A. Sofyan. 2015. *Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi dan Usia Transformator (Studi Kasus Transformator IV Gardu Induk Sukamerindu Bengkulu) Berdasarkan Standar IEC 60076-7*. Bengkulu: Teknik Elektro, Universitas Bengkulu.
- Idschool. (2018). *Transformator: Perbedaan Trafo Step Up dan Step Down* (Online). (idschool.net/smp/transformator-perbedaan-trafo-step-up-dan-step-down/), diakses pada 20 April 2020.
- International Electrotechnical Commission. (1972). *Loading Guide For Oil Immersed Transformer*. Geneva: IEC Publication.

- Kodoati, K.A. (2015). *Analisa Perkiraan Umur Transformator*. Manado: Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.
- Lumbanraja. (2012). *Transformator* (Online). (<https://lumbanrajateddy.wordpress.com/2012/03/07/transformator/>), diakses tanggal 04 Juni 2020.
- Srinivasan & Krishnan. (2012). Prediction of Transformer Insulation Life with an Effect of Environmental Variables, *International Journal of Computer Applications Vol. 55 No 5*.
- PT PLN (Persero). (2010). *Buku Pedoman Trafo Tenaga*. Jakarta Selatan: PT PLN (Persero).
- PLTU Sumbawa Barat. (2019). *Manual Handbook PLTU Sumbawa Barat*. Mataram: PT. PLN (Persero)
- Muzar, M.A. Syahrizal. & Syukri, M. 2018. *Analisis Pengaruh Suhu Akibat Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya Di Gardu Induk Lambaro*. Banda Aceh: Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.
- Najdenkoski, K. dkk. (2007). *Thermal Aging of Distribution Transformers According to IEEE and IEC Standards*. Berlin: IEEE Publication.
- Nugroho. (2019). *Sistem Pendingin Transformator: Pemasangan Kipas Transformator Hyundai GIS Kiaracandong* (Online). (<https://catatanwsn.wordpress.com/2019/04/05/sistem-pendingin-transformator-pemasangan-kipas-transformator-hyundai-gis-kiaracandong>), diakses pada 19 Mei 2020.
- Odinanto, T. (2014). *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Usia Transformator Distribusi Di PT. PLN Distribusi APJ Gresik*. Surabaya: Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama.
- Perera, K.B.M.I & Lucas, J.R. (1999). *Loading Of Transformers Beyond Nameplate Rating*. Sri Lanka: University of Moratuwa.
- Permana, A. (2020). *Transformator Bagian 1 : Pengertian dan Prinsip Kerja* (Online). (<https://www.alifpustaka.com/transformator-bagian-1-pengertian-dan-prinsip-kerja/>), diakses tanggal 21 April 2020.
- Purnama, S. 2011. *Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga (Studi Kasus Trafo GTG 1.3 PLTGU Tambak Lorok Semarang)*. Semarang: Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- Skemaku (2015). *Jenis-Jenis Trafo Pada Rangkaian Elektronika* (Online). (<https://skemaku.com/jenis-jenis-trafo-pada-rangkaian-elektronika/>), diakses pada tanggal 02 Juni 2020.
- Tambunan, J.M., Hariyanto, A., Tindra, W.K.. (2015). *Kerja Pembebanan Dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 150/20 kV MVA*. *Jurnal Sutet Vol.5 No.2*.
- Utomo, P. (2019). *Studi Analisis Kualitas Transformator Daya Gardu Induk 150 Kv Siantan*. Tanjungpura: Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Warman, E., Junedy, P. (2013). *Studi Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya (Aplikasi Pada Gardu Induk Pematang Siantar)*. *Jurnal Singuda ENSIKOM Vol.3 No.1*.
- Wijaya, M. 2001. *Dasar-Dasar Mesin Listrik*. Jakarta: Djambatan
- Zuhal. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Jakarta: Gramedia