



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <https://ojs2.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Meningkatkan kinerja gardu distribusi SK76 Penyulang Sukasada dalam menangani overblast menggunakan simulasi perangkat lunak ETAP

I Putu Sutawinaya^{1*}, A.A.N.M. Narottama¹, dan I.G.N. Ade Pujana¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali, Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Bali 80364, Indonesia
*Email: sutawinaya_putu@pnb.ac.id

Abstrak

Transformator distribusi berfungsi untuk mentransformasikan energi listrik dari sumber listrik ke pelanggan. Dalam proses transformasi terdapat rugi-rugi daya yang tentunya dapat menurunkan nilai efisiensi Transformator tersebut. Pembebanan pada transformator yang relatif tinggi akan menyebabkan peningkatan rugi-rugi daya, sehingga efisiensinya akan menurun. Gardu Distribusi SK76 Penyulang Sukasada dengan kapasitas Transformator 100 kVA menyuplai 253 pelanggan dengan daya terpasang 273 kVA. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan ketika waktu beban puncak (WBP), diperoleh rata-rata persentase pembebanan Transformator tersebut sebesar 99,57% dengan efisiensi 98,02%. Merujuk Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) No. : 0017.E/DIR/2014, maka Transformator tersebut telah dinyatakan overload (overblast) karena pembebanannya sudah melebihi 80%. Upaya yang dapat dilakukan untuk dapat memperbaiki kinerja Transformator diantaranya adalah : melakukan uprating kapasitas Transformator, penambahan gardu sisipan atau melalui rekonfigurasi jaringan. Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan oleh Penulis melalui simulasi perangkat lunak ETAP 16.0, diperoleh beberapa hasil. Apabila dilakukan uprating dengan kapasitas transformator sebesar 160 kVA, maka persentase pembebanannya menurun menjadi sekitar 61,46% dengan efisiensi meningkat menjadi sekitar 98,77%. Apabila dilakukan penambahan gardu sisipan dengan kapasitas 50 kVA maupun dengan rekonfigurasi jaringan melalui pemindahan sebagian beban ke Gardu Distribusi lain (SK63), hasilnya sama-sama dapat menurunkan persentase pembebanan yakni menjadi sekitar 63,17% dan efisiensi meningkat menjadi sekitar 98,46%. Hasil simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kondisi ini sudah memenuhi ketentuan/regulasi yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero).

Kata kunci: Transformator, Gardu dan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik, Perangkat lunak Etap 16.0

Abstract: Distribution transformer serves to transform electrical energy from the power source to the customer. In the transformation process there are power losses which of course can reduce the efficiency of the transformer. The relatively high loading on the transformer will cause an increase in power losses, so its efficiency will decrease. The Sukasada Feeder SK76 Distribution Substation with a transformer capacity of 100 kVA supplies 253 customers with an installed power of 273 kVA. Based on the measurements that have been made during the peak load time (WBP), the average percentage of the transformer loading is 99.57% with an efficiency of 98.02%. Referring to the Circular of the Directors of PT. PLN (Persero) No.: 0017.E/DIR/2014, then the transformer has been declared overload (overblast) because the load has exceeded 80%. Efforts that can be made to improve the performance of the transformer include: upgrading the capacity of the transformer, adding additional substations or through network reconfiguration. Based on the trials that have been carried out by the author through the simulation of the ETAP 16.0 software, several results were obtained. If an uprating is carried out with a transformer capacity of 160 kVA, the percentage of loading decreases to around 61.46% with efficiency increasing to about 98.77%. If additional substations are added with a capacity of 50 kVA as well as network reconfiguration by transferring some of the load to another Distribution Substation (SK63), the result is that the percentage of loading is reduced to around 63.17% and efficiency increases to about 98.46%. The simulation results that have been carried out show that this condition has met the provisions/regulations set by PT. PLN (Persero).

Keywords: Transformer, Substations and Electric Power Distribution Network, software Etap 16.0

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Pendahuluan

1.1. Umum

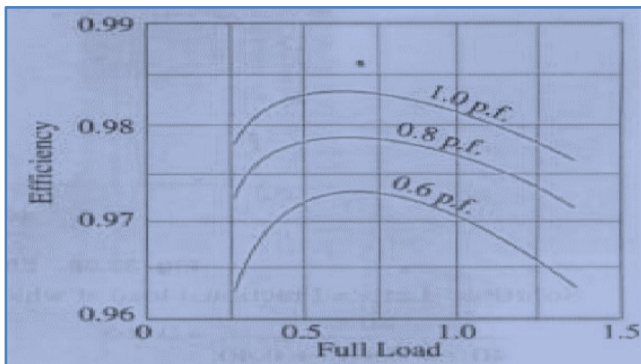
Dalam proses penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit sampai ke pelanggan dibutuhkan transformator. Transformator berfungsi mentransformasikan tenaga listrik

dari tegangan yang lebih tinggi ke tegangan lebih rendah (*step down*). Demikian juga sebaliknya, dari tegangan lebih rendah ke tegangan tinggi (*step up*). Dalam proses transformasi tersebut terdapat rugi-rugi daya pada transformator, yaitu rugi inti besi dan rugi tembaga. Rugi

inti pada transformator cenderung konstan pada berbagai beban sedangkan rugi tembaga akan berubah seiring perubahan beban. Rugi-rugi ini terbuang menjadi panas yang akan meningkatkan temperatur transformator serta akan mempengaruhi efisiensi dari transformator itu sendiri [3,4]. Pembebanan yang relatif besar pada transformator akan dapat mengurangi efisiensi transformator, Sebaliknya, pembebanan yang terlalu kecil dari kapasitasnya juga dapat menyebabkan efisiensi transformator menjadi rendah [5].

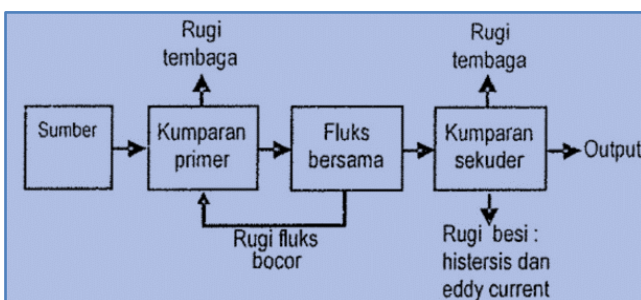
Menurut SPLN 50: 1997 tentang Spesifikasi Transformator Distribusi, efisiensi transformator lebih tinggi pada pembebanan 50% jika dibandingkan dengan pembebanan 100% dari kapasitas nominalnya pada faktor daya satu (1) [6]. Disamping itu, menurut Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014 tentang Metode Pemeliharaan Transformator Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset, kondisi suatu transformator distribusi disebut baik apabila persentase pembebanannya < 60%, cukup baik pada 60% - < 80%, kurang baik pada 80% - < 100% dan buruk pada ≥ 100% terhadap kapasitas nominalnya [7]. Pembebanan dan efisiensi Transformator yang tidak sesuai ketentuan tentunya akan dapat menurunkan keandalan sistem kelistrikkannya.

Efisiensi maksimum dari sebuah transformator didapatkan ketika rugi inti sama dengan rugi tembaga. Hubungan antara efisiensi dengan beban pada faktor daya yang berbeda-beda dapat dilihat pada Gambar 1^[3].



Gambar 1. Grafik hubungan efisiensi dengan beban pada faktor daya yang berbeda^[3]

Rugi-rugi yang timbul pada saat proses transformasi pada transformator diperlihatkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Rugi-rugi pada Transformator saat proses transformasi^[4]

Total rugi tembaga (P_{cu}) pada transformator tiga fasa dapat ditentukan dengan persamaan berikut^[3],

$$P_{cu} = 3 \times I_2^2 \times R_{02} \tag{1}$$

di mana,

P_{cu} = rugi tembaga total (W)

I_2 = arus nominal sisi sekunder (A)

R_{02} = resistansi total ekuivalen yang ditinjau dari sisi sekunder (ohm).

Seperti mesin-mesin listrik lainnya, efisiensi transformator didefinisikan dengan perbandingan daya ke luar (*output*) dengan daya masuk (*input*) seperti rumus berikut^[3],

$$\eta = \frac{\text{Daya Output (W)}}{\text{Daya Input (W)}} \times 100\% \tag{2}$$

$$\eta = \frac{\text{Daya Output (W)}}{\text{Daya Output (W)} + \text{Rugi Daya Total (W)}} \times 100\% \tag{3}$$

di mana, Rugi Daya Total = $P_{cu} + P_i$ (4)

Secara praktis pembebanan pada transformator tiga fasa cenderung tidak seimbang. Pada transformator dengan pembebanan yang tidak seimbang akan menyebabkan rugi arus netral yang dapat mempengaruhi efisiensi transformator itu sendiri, sehingga rugi arus netral perlu diperhitungkan juga dengan persamaan berikut^[4] :

$$P_N = I_N^2 \times R_{02} \tag{5}$$

P_N = rugi arus netral (W)

I_N = arus netral (A)

R_{02} = resistansi total ekuivalen yang ditinjau dari sisi sekunder (ohm).

Rugi daya total pada transformator dengan pembebanan tidak seimbang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

Rugi Daya Total = $P_{cu} + P_i + P_N$ (6)

Dengan demikian untuk menentukan efisiensi transformator pada berbagai pembebanan serta dengan beban dan faktor daya pada setiap fasa yang berbeda, maka persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi yaitu:

$$\eta = \frac{((V_{RN} \times I_R \times \cos \phi_R) + (V_{SN} \times I_S \times \cos \phi_S) + (V_{TN} \times I_T \times \cos \phi_T))}{((V_{RN} \times I_R \times \cos \phi_R) + (V_{SN} \times I_S \times \cos \phi_S) + (V_{TN} \times I_T \times \cos \phi_T)) + P_i + P_{cu} + P_N} \times 100\% \tag{7}$$

Menghitung persentase pembebanan suatu transformator dapat menggunakan persamaan berikut^[2],

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{(I_R \times V_{RN}) + (I_S \times V_{SN}) + (I_T \times V_{TN})}{S_N} \times 100\% \tag{8}$$

di mana,

I_R = arus fasa R (A)

I_S = arus fasa S (A)

I_T = arus fasa T (A)

V_{RN} = tegangan fasa-netral R (V)

V_{SN} = tegangan fasa-netral S (V)

V_{TN} = tegangan fasa-netral T (V)

S_N = daya nominal transformator (VA)

1.2. Gardu Distribusi SK76 Penyulang Sukasada

Gardu Distribusi SK76 Penyulang Sukasada di bawah pengawasan PT. PLN (Persero) ULP Singaraja memiliki kapasitas 100 kVA dengan pelanggan sejumlah 253. Adapun riwayat data pengukuran tahunan pada Gardu Distribusi SK76 yang diukur pada saat waktu beban puncak (WBP) oleh PT. PLN (Persero) ULP Singaraja dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai faktor daya ($\cos \phi$) per fase untuk data riwayat pembebanan tahun 2018 dan 2019 diasumsikan sama dengan nilai rata-rata data hasil pengukuran tanggal 27 April – 10 Mei 2020. Di mana pada waktu beban puncak (WBP) terukur rata-rata sebesar 0,98 (fase R), 0,96 (fase S), dan 0,97 (fase S).

Tabel 1. Historis data tahunan gardu distribusi SK76

Tanggal	Waktu	Arus Induk (A)				% Pembebanan	Efisiensi
		IR	IS	IT	IN		
22/06/2018	Malam	48	94	106	52	56,38	98,31
29/10/2019	Malam	144	139	143	50	98,12	98,04

Berdasarkan data hasil pengukuran yang dilakukan pada 27 April hingga 10 Mei 2020 seperti ditunjukkan pada Tabel 2, dapat dihitung bahwa beban rata-rata yang terukur sebesar 99,57% dari kapasitas nominalnya dengan efisiensi sekitar 98,02%. Berdasarkan data historis Tahun 2019 dan data hasil pengukuran terbaru menunjukkan bahwa kondisi pembebanan Transformator tersebut relatif besar, sehingga Transformator dinyatakan sudah mengalami *overblast*. Tentunya hal ini berakibat dapat menurunkan kinerja Transformator tersebut.

Sebagai penyedia tenaga listrik, PT. PLN (Persero) dituntut oleh masyarakat selaku konsumen untuk dapat menyediakan tenaga listrik yang berkualitas baik. Melihat kondisi ini, maka PT. PLN (Persero) ULP Singaraja perlu segera melakukan upaya agar dapat mengatasi permasalahan tersebut.

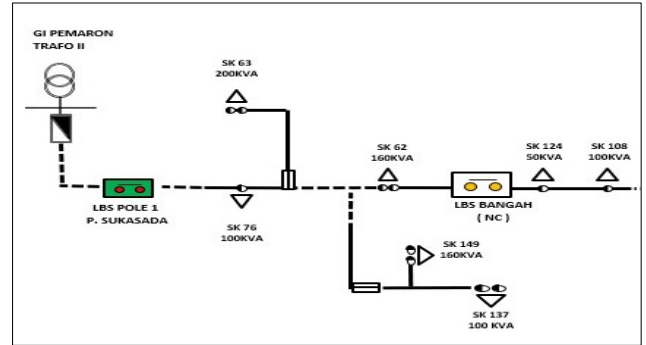
Tabel 2. Data hasil pengukuran arus induk gardu distribusi SK76

No.	Hari/Tanggal	Waktu	Arus Induk (A)			
			IR	IS	IT	IN
1	Senin, 27 April 2020	20.21	135,8	142,7	135,6	51
2	Selasa, 28 April 2020	20.17	134,7	151,7	130,7	48,2
3	Rabu, 29 April 2020	20.20	139	143,3	150,9	51,2
4	Kamis, 30 April 2020	20.16	134,3	136,6	146,9	51,5
5	Jumat, 1 Mei 2020	20.22	133,4	156,5	157,7	54,8
6	Sabtu, 2 Mei 2020	20.10	138,7	151,7	146,1	45,7
7	Minggu, 3 Mei 2020	20.11	129,9	144,1	164,3	59,3
8	Senin, 4 Mei 2020	20.04	132,3	144,5	158,5	56,3
9	Selasa, 5 Mei 2020	20.08	132,7	152,7	153,2	62,2
10	Rabu, 6 Mei 2020	20.03	131,4	145,7	150,6	53
11	Kamis, 7 Mei 2020	20.09	134,4	155,2	150,4	55,7
12	Jumat, 8 Mei 2020	20.30	130	141	148	50
13	Sabtu, 9 Mei 2020	20.05	128,9	136	140,2	51,3
14	Minggu, 10 Mei 2020	20.13	139,8	157,8	146	50,1
Rata-Rata			134,0	147,1	148,5	52,9

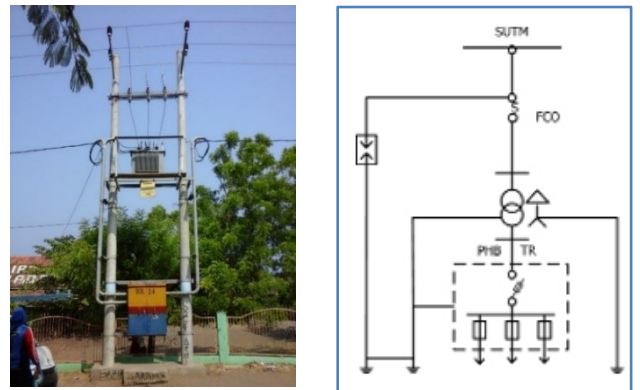
Adapun tata letak Gardu Distribusi SK76 Penyulang Sukasada adalah seperti ditunjukkan pada gambar 3, dan tampilan secara fisik di lapangan maupun gambar *Single Line* Gardu adalah seperti pada Gambar 4 berikut.

Untuk mengatasi permasalahan pembebanan pada transformator dapat dilakukan dengan beberapa metode. Pada penelitian yang telah dilakukan, Peneliti membuat

simulasi sistem yang dapat menggambarkan kondisi jaringan distribusi dimaksud dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 16.0. Diantaranya membuat simulasi *uprating* kapasitas daya transformator mulai dari 160 kVA, 200 kVA dan 250 kVA, simulasi penambahan gardu sisipan dengan kapasitas daya 50 kVA dan simulasi rekonfigurasi jaringan dengan Gardu terdekat, yaitu dalam hal ini Gardu SK63



Gambar 3. Tata letak Gardu SK76 Penyulang Sukasada



Gambar 4. (a) Gardu Portal (b) *Single Line* Gardu Portal

2. Perancangan Simulasi Jaringan Distribusi Menggunakan ETAP 16.0

ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) adalah merupakan software full grafis yang dapat digunakan sebagai alat (tools) untuk membantu melakukan analisis sistem, mendesain dan menguji kondisi sistem tenaga listrik yang ada.

Pada penelitian ini, perangkat lunak ETAP 16.0 digunakan untuk mensimulasikan kondisi jaringan distribusi Gardu Distribusi SK76 dan juga untuk mengetahui aliran dayanya (*Load Flow*). Data hasil simulasi akan digunakan sebagai acuan melakukan analisis, dan hasilnya akan dibandingkan dengan kondisi sebelumnya.

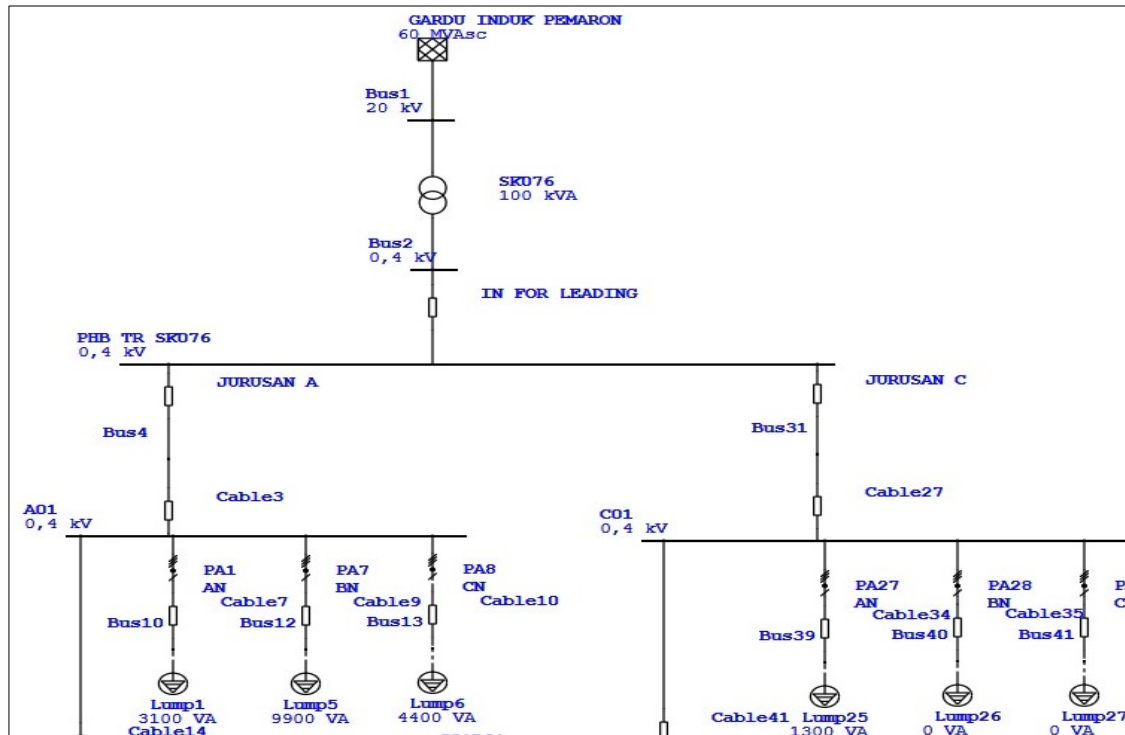
2.1. Simulasi Jaringan Gardu Distribusi SK76

Pada ETAP 16.0 disimulasikan *single line diagram* dari jaringan Gardu Distribusi SK76 secara grafis yang nantinya akan diperoleh aliran dayanya. Selanjutnya akan dilakukan uji coba melalui tiga (3) tahap pengujian. Tahap I, simulasi peningkatan kapasitas (*uprating*) transformator dari 100 kVA menjadi 160 kVA. Tahap II, Pemasangan gardu sisipan dengan kapasitas transformator baru sebesar 50 kVA. Tahap III simulasi rekonfigurasi jaringan, yakni

sebagian beban dialihkan ke Gardu terdekat dalam hal ini ke Gardu SK63.

Pada Gambar 5 ditampilkan cuplikan gambar simulasi jaringan Gardu Distribusi SK76 menggunakan ETAP 16.0

dalam mode edit. Ditampilkan dari sumber pembangkitan (Gardu Induk “GI Pamaron”), Gardu SK76 yang tersalur melalui dua (2) jurusan (jurusan A dan jurusan C) hingga ke sisi bebannya (pelanggan).

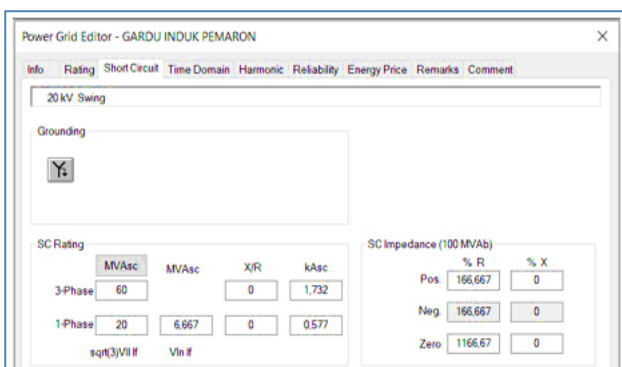


Gambar 5. Cuplikan simulasi jaringan gardu distribusi SK76 menggunakan ETAP 16.0

2.2. Input Data

Jaringan Gardu Distribusi SK76 mendapat suplai dari Trafo II GI Pamaron dengan kapasitas 60 MVA. GI Pamaron digunakan sebagai sumber pembangkitan yang akan diinput datanya pada Power Grid ETAP seperti contoh yang ditampilkan pada Gambar 6.

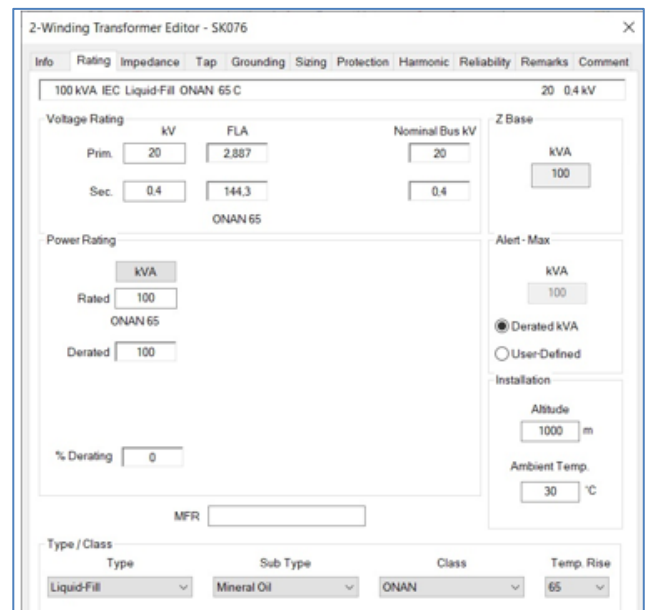
Untuk data-data penunjang lainnya menggunakan data Library pada ETAP 16.0. Berikut merupakan contoh input data untuk Penghantar Induk (in for leading) seperti ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 6. Contoh input data power grid

Data Transformator yang di-input sesuai dengan name plate Transformator, sedangkan untuk data lainnya dapat menggunakan fasilitas Library pada ETAP 16.0. Adapun data-data yang dimaksud adalah seperti Gambar 7.

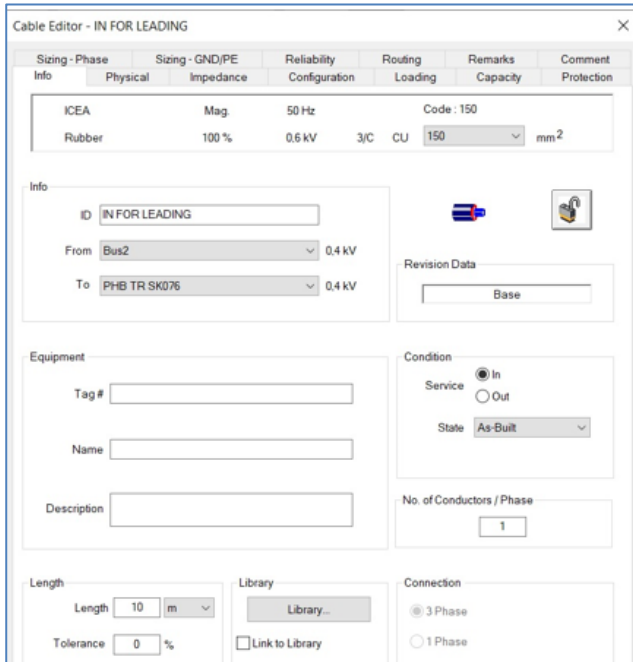
Penghantar Induk yang digunakan pada jaringan Gardu Distribusi SK76 adalah jenis NYY dengan luas penampang 150 mm², jumlah kabel yang digunakan adalah 4 (R, S, T, dan N) dengan panjang penghantar masing-masing 10 m.



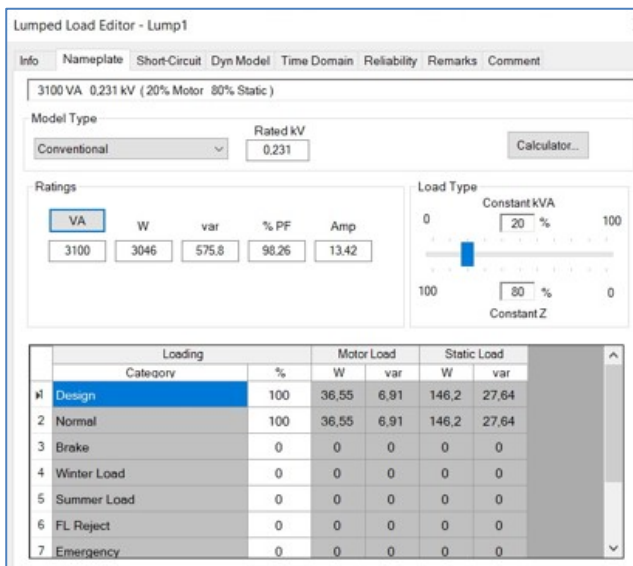
Gambar 7. Contoh input data transformator

Data beban disesuaikan dengan daya pelanggan per fase di masing-masing tiang. Pada menu Info khususnya pada

bagian *Demand Factor* (faktor kebutuhan) disesuaikan agar saat *running* hasil simulasinya mendekati kondisi sebenarnya. Pada menu *Name Plate* khususnya pada bagian *Load Type* disesuaikan dengan jenis beban (pelanggan) yang terpasang. Beban yang terpasang sebagian besar adalah beban jenis rumah tangga dan ada beberapa industri rumahan (*home industry*). Beban ini dapat dikategorikan beban statis, sehingga pada *Load Type* diasumsikan 20% beban motor dan 80% beban statis. Berikut merupakan contoh *input* data untuk beban seperti ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Contoh Input Data Cable Editor Penghantar



Gambar 9. Contoh input data beban pada menu name plate

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Observasi Lapangan

Dalam penelitian ini, penulis melakukan observasi ke objek penelitian untuk melakukan pengamatan dan pencatatan data-data yang dibutuhkan. Data yang dicatat mulai dari

data historis pembebanan Gardu SK76, Tahun 2018 dan 2019 seperti ditunjukkan pada Tabel 1 di atas. Data ini dibutuhkan untuk melihat perkembangan pembebanan Transformator Gardu tersebut hingga kondisi terakhir tahun 2020.

Data pengukuran tahun 2020 yang diamati Peneliti sebanyak 14 kali, dari tanggal 27 April – 10 Mei 2020 saat waktu beban puncak (WBP) seperti ditunjukkan pada Tabel 2 di atas. Untuk selanjutnya data tersebut dirata-rata dengan hasil seperti ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data rerata hasil pengukuran

Arus Induk (A)			Tegangan Induk (V)				Cos Φ		
IR	IS	IT	IN	VRN	VSN	VTN	R	S	T
134,0	147,1	148,5	52,9	229,2	233,8	232,1	0,98	0,96	0,97

3.2. Hasil Simulasi ETAP

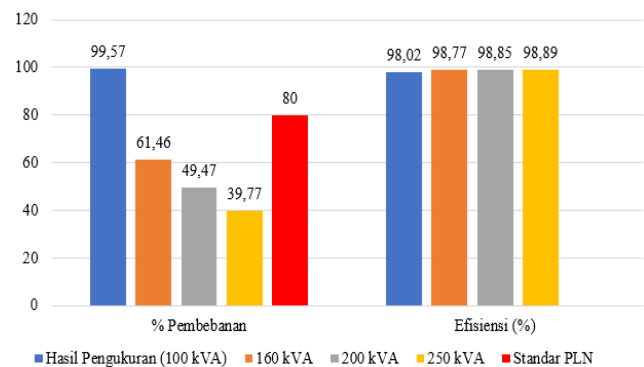
Untuk mengetahui alternatif mana yang terbaik dalam upaya meningkatkan nilai efisiensi Transformator pada Gardu SK76 seperti dimaksud, maka dilakukan uji coba melalui tiga (3) tahap simulasi. Setiap tahap pengujian, dilakukan analisis, selanjutnya ketiga hasil simulasi dibandingkan untuk mengetahui kondisi pembebanan Transformator terhadap peningkatan efisiensinya.

3.2.1. Tahap I, Uprating Kapasitas Transformator

Pada tahap I ini, dilakukan pengujian sebanyak tiga (3) kali dengan merubah kapasitas daya Transformator dari 160 kVA, 200 kVA dan 250 kVA. Data hasil simulasi yang diperoleh digunakan sebagai parameter untuk menghitung nilai pembebanan dan efisiensinya. Adapun nilai pembebanan secara berturut-turut dihitung sebesar 61,46%, 49,47% dan 39,77%. Efisiensi secara berturut-turut sebesar 98,77%, 98,85% dan 98,89%.

Dengan demikian hasil simulasi terhadap kapasitas daya 160 kVA, 200 kVA dan 250 kVA menunjukkan bahwa persentase pembebanan Transformator semakin turun, demikian juga dengan efisiensinya semakin naik dari kondisi kapasitas awal 100 kVA. Dengan demikian apabila dilakukan *uprating* dengan hanya kapasitas 160 kVA saja, permasalahan *overload (overblast)* pada Gardu Distribusi SK76 sudah dapat teratasi. Hal ini juga sudah sesuai ketentuan/standar yang digunakan oleh PT. PLN (Persero).

Adapun perbandingan persentase pembebanan dan efisiensi Transformator dari beberapa kapasitas daya adalah seperti terlihat pada Gambar 10.



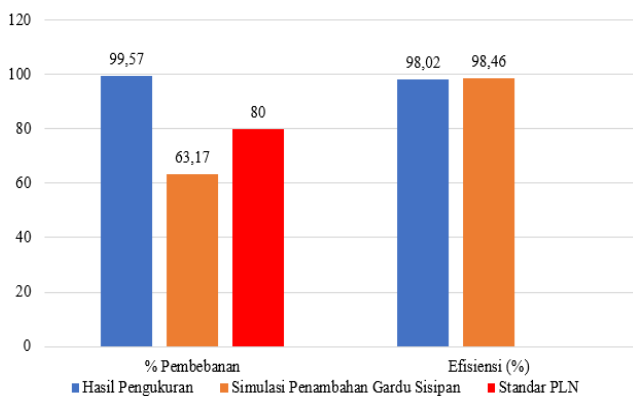
Gambar 10. Grafik perbandingan persentase pembebanan dan efisiensi transformator beberapa kapasitas daya

3.2.2. Tahap II, Pemasangan Gardu Sisipan

Selanjutnya dilakukan simulasi penambahan gardu sisipan dengan kapasitas 50 kVA, persentase pembebanan transformator pada Gardu SK76 mengalami penurunan menjadi sekitar 63,17% atau 36,4% lebih rendah dari persentase pembebanan berdasarkan data hasil pengukuran. Selain itu efisiensi transformator juga meningkat menjadi sekitar 98,46% atau 0,44% lebih tinggi dari efisiensi berdasarkan data hasil pengukuran.

Dengan demikian apabila dilakukan penambahan gardu sisipan dengan kapasitas 50 kVA maka permasalahan *overload (overblast)* pada Gardu Distribusi SK76 sudah dapat teratasi dan sudah sesuai ketentuan/standar yang digunakan oleh PT. PLN (Persero).

Gambar 11 menunjukkan grafik perbandingan persentase pembebanan dan efisiensi simulasi penambahan Gardu sisipan dengan kapasitas daya 50 kVA.



Gambar 11. Grafik perbandingan persentase pembebanan dan efisiensi simulasi penambahan gardu sisipan 50 kVA

3.2.3. Tahap III, Rekonfigurasi Jaringan

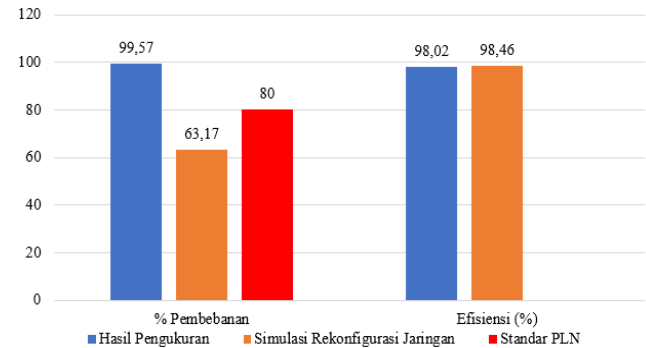
Metode selanjutnya yaitu rekonfigurasi jaringan antara Gardu SK76 dan Gardu SK63. Metode ini dilakukan dengan memindahkan kelebihan beban pada Gardu SK76 yang bermasalah (*overblast*) ke gardu distribusi terdekat yang masih memungkinkan untuk ditambahkan beban. Berdasarkan kondisi di lapangan, maka gardu distribusi yang memungkinkan adalah Gardu SK63 dengan kapasitas 200 kVA. Berdasarkan data riwayat pengukuran terakhir yang pernah dilakukan pada tanggal 29 Oktober 2019, persentase pembebanannya relatif kecil sebesar 15,30% dengan efisiensi 98,20% sehingga masih memungkinkan untuk melayani kelebihan beban dari Gardu Distribusi SK76. Jumlah beban pelanggan terpasang yang akan dipindahkan dari Gardu SK76 ke Gardu SK63 yaitu sekitar 91,3 kVA atau sebesar 33,44%.

Selanjutnya seperti terlihat pada Gambar 12 setelah dilakukan simulasi rekonfigurasi jaringan, persentase pembebanan transformator pada Gardu Distribusi SK76 mengalami penurunan menjadi 63,17% atau 36,4% lebih rendah dari persentase pembebanan berdasarkan data hasil pengukuran. Selain itu efisiensi transformator juga meningkat menjadi 98,46% atau 0,44% lebih tinggi dari efisiensi berdasarkan data hasil pengukuran.

Dengan demikian apabila dilakukan rekonfigurasi jaringan berupa pemindahan sebagian beban ke Gardu Distribusi SK63, maka permasalahan tingginya

pembebanan yang menyebabkan kondisi *overblast* dan rendahnya efisiensi transformator pada Gardu Distribusi SK76 sudah dapat teratasi. Hal ini juga sudah sesuai dengan ketentuan/standar yang digunakan oleh PT. PLN (Persero).

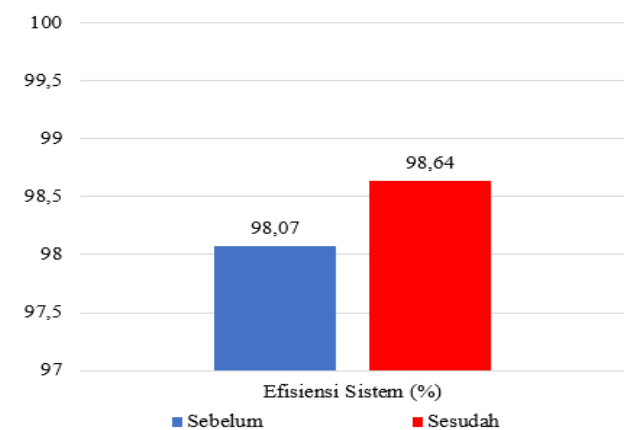
Berikut pada Gambar 12 ditunjukkan grafik perbandingan % pembebanan dan efisiensi Transformator



Gambar 12. Grafik perbandingan % pembebanan dan efisiensi transformator

Pada penelitian ini juga disimulasikan dan dihitung efisiensi sistem (gabungan), yaitu efisiensi gabungan yang terdiri dari Gardu Distribusi SK76 dan Gardu Distribusi SK63. Efisiensi sistem kondisi awal terdiri dari efisiensi transformator Gardu Distribusi SK76 dan Gardu Distribusi SK63 dari data hasil pengukuran. Sedangkan efisiensi sistem setelah rekonfigurasi jaringan terdiri dari efisiensi transformator pada Gardu Distribusi SK76 dan Gardu Distribusi SK63. Berdasarkan hasil simulasi rekonfigurasi jaringan menggunakan ETAP 16.0 diperoleh efisiensi sistem meningkat dari sebelumnya 98,07% menjadi 98,64%.

Gambar 13 menunjukan grafik perbandingan efisiensi sistem sebelum dan sesudah dilakukan rekonfigurasi jaringan.



Gambar 13. Grafik perbandingan efisiensi sistem (gabungan) sebelum dan setelah Rekonfigurasi Jaringan

4. Kesimpulan

Persentase pembebanan transformator pada Gardu Distribusi SK76 dari hasil simulasi *uprating* kapasitas daya transformator 160 kVA yakni sebesar 61,46%, menurun sekitar 38,11% dari kondisi awal. Efisiensinya sebesar 98,77 %, meningkat 0,75% dari kondisi awal. Begitu juga

analisisnya dengan kapasitas Transformator 200 kVA dan 250 kVA yang telah diuji, secara umum menunjukkan persentase pebebanan menurun dan efisiensi meningkat. Kondisi ini menunjukkan bahwa permasalahan *overblast* Transformator sudah teratasi, hal ini sudah juga sesuai dengan ketentuan/regulasi yang digunakan oleh PT PLN (Persero).

Persentase pembebanan transformator pada Gardu Distribusi SK76 berdasarkan data hasil simulasi penambahan gardu sisipan dengan kapasitas 50 kVA yakni sebesar 63,17%, menurun sekitar 36,4% dari kondisi awal. Efisiensinya sebesar 98,46%, meningkat sekitar 0,44% dari kondisi awal. Sedangkan persentase pembebanan transformator pada gardu sisipan yaitu Gardu Distribusi SKXX sebesar 76,95% dengan efisiensi sebesar 98,19%. Kondisi ini menunjukkan bahwa permasalahan *overblast* Transformator sudah teratasi Hal ini tentunya juga sudah sesuai dengan ketentuan/regulasi yang digunakan oleh PT PLN (Persero).

Persentase pembebanan transformator pada Gardu Distribusi SK76 berdasarkan data hasil simulasi rekonfigurasi jaringan dengan pemindahan sebagian beban ke Gardu Distribusi SK63 sebesar 63,17%, terjadi penurunan sekitar 36,4% dari kondisi awal. Efisiensinya sebesar 98,46%, meningkat sekitar 0,44% dari kondisi awal. Sedangkan persentase pembebanan transformator pada Gardu SK63 sebesar 34,29%, meningkat sekitar 18,99% dari kondisi awal. Efisiensinya sebesar 98,82%, meningkat 0,62% dari kondisi awal. Kondisi ini menunjukkan bahwa permasalahan *overblast* Transformator sudah teratasi. Hal ini tentunya juga sudah sesuai dengan ketentuan/regulasi yang digunakan oleh PT PLN (Persero).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim redaksi Jametech atas diterima dan diterbitkan artikel ini. P3M selaku pengelola serta para peneliti lain atas masukannya. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pihak PT. PLN (Persero) atas dukungan data dan informasinya, semoga artikel ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam melaksanakan manajemen beban khususnya pada Gardu SK76 Penyulang Sukasada

Secara umum, semoga artikel ini dapat menginspirasi dan dikembangkan kembali oleh para peneliti lainnya. Harapannya, dari ide yang sederhana berkembang menjadi

lebih luas sehingga bermanfaat untuk kemajuan teknologi ke depan.

Daftar Pustaka

- [1] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Capaian kinerja 2019 dan program 2020", Jakarta, 2020
- [2] I.K. Ta, dkk, "Analisa persentase pembebanan dan drop tegangan jaringan tegangan rendah pada gardu distribusi GA 0032 penyulang Wibrata", Matrix, 7, 2017, pp. 42-46.
- [3] B.L. Theraja and A.K. Theraja, "A Textbook of electrical technology" Vol. II, New Delhi, S. Chand and Company Ltd., 2001.
- [4] Zuhail, "Dasar teknik tenaga listrik dan elektronika Daya", Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2000.
- [5] R.E. Sinaga and P.S.M.L. Tobing, "Studi tentang pengukuran parameter Trafo Distribusi dengan menggunakan EMT (Electrical Measurment & Data Transmit)", SINGUDA ENSIKOM, 8, 2014, pp. 128-133.
- [6] PT. PLN (Persero), SPLN 50: 1997, "Spesifikasi transformator distribusi", Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero), 1997
- [7] Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) No. 0017.E/DIR/2014, "Metode Pemeliharaan Tranfo Siatribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset, PT. PLN (Persero)", 2014.
- [8] I.P. Sutawinaya, I.W. Teresna, Febry, P. Setya Cahyana, "Studi analisis penambahan transformator sisipan untuk menopang beban lebih dan drop tegangan pada transformator distribusi KA 1516 penyulang buduk menggunakan simulasi program ETAP 7.0", LOGIC, Nop. 2014, vol. 14, pp. 133-139.
- [9] I.M.A. Wiryawan, I.P. Sutawinaya, I.W.R. Sutrawan, "Analisis perbandingan antara penggunaan transformator sisipan dan uprating tranformator dalam menanggulangi drop tegangan pada Gardu Distribusi KA0819 penyulang Mumbul", LOGIC, 15, 2015, pp. 159-163.
- [10] A.A.N.M. Narottama, dkk, "Analisis pengaruh rekonfigurasi jaringan terhadap pembebanan transformator pada Gardu Distribusi KA 1316 Penyulang Sriwijaya", MATRIX, 4, 2014, pp. 125-130.