

Analisis Perbandingan *Uprating* dan Sisip Transformator Tiga Fase untuk Mengantisipasi Terjadinya *Overload* pada Transformator Distribusi Penyulang GJN-12 Nomor Tiang U3-89/1 PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota

Nur Risya Difa Kusuma Ningrum¹, Nina Loenca Br Ginting¹, Haidar Nabil Muflih¹,
Muhammad Dwi Cahyo Ramadhan¹, Candra Febri Nugraha^{1,*}

¹Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Gadjah Mada; risyadifa912@mail.ugm.ac.id;
ninaginting10@mail.ugm.ac.id; haidar.nabil.muflih@mail.ugm.ac.id; cahyoramadhan@mail.ugm.ac.id

*Korespondensi: candra.febri.nugraha@ugm.ac.id

Abstract – As the population increases, the need for electricity also increases every year. The rapid population and economic growth in the area of PLN (Persero) ULP Yogyakarta City has affected the increasing requests for additional electric power by customers, resulting in overloads on the distribution transformers. Based on SPLN Decree No. 17 of 1979, there are three types of transformer conditions: normal, alert, and emergency. According to the percentage of transformer loading, alert and emergency conditions are greater than 80%. Therefore, a simulation is conducted to determine the condition of the transformer when power is added. This research method compares the effects of uprating and inserting transformers to prevent overload. The comparison method is based on three aspects: the percentage of loading, the percentage of drop voltage, and the cost of work. Based on the simulation results in this study, the two methods show the same effectiveness, with the percentage of loading decreasing by 75.9% and the percentage of voltage drop decreasing by 1.81%. While the cost of work for uprating the transformer is Rp44,417,670, the cost of inserting the transformer is Rp48,843,740. The cost for uprating is cheaper because it does not require the costs of installing poles and CC7 construction. Accordingly, the uprating method is more efficient than the transformer insertion method in terms of operating costs.

Keywords – uprating, transformer insertion, overload, drop voltage, ETAP

Intisari – Seiring bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan listrik juga mengalami peningkatan tiap tahun. Pesatnya pertumbuhan penduduk dan ekonomi di area PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota berpengaruh pada bertambahnya permohonan tambah daya listrik oleh pelanggan yang mengakibatkan terjadinya *overload* (beban lebih) pada transformator distribusi. Berdasarkan ketetapan SPLN No. 17 Tahun 1979 menyatakan bahwa terdapat tiga macam kondisi transformator yaitu normal, waspada dan darurat. Menurut persentase pembebanan transformator, kondisi waspada dan darurat terjadi saat pembebanan lebih dari 80%. Oleh karena itu, dilakukan simulasi dilakukan untuk mengetahui kondisi transformator ketika dilakukan penambahan daya. Pada metode penelitian ini membandingkan pengaruh *uprating* dan sisip transformator untuk mengantisipasi terjadinya *overload*. Metode perbandingan tersebut berdasarkan tiga aspek yaitu persentase pembebanan, persentase *drop voltage* dan biaya pengerjaan. Berdasarkan hasil simulasi pada penelitian ini, kedua metode tersebut menunjukkan hasil efektivitas yang sama, dengan persentase pembebanan mengalami penurunan 75,9% dan penurunan persentase *drop voltage* 1,81%. Sedangkan biaya pengerjaan untuk *uprating* sebesar Rp44.417.670, sedangkan untuk sisip transformator sebesar Rp48.843.740. Biaya pengerjaan *uprating* transformator lebih murah karena tidak memerlukan biaya pemasangan tiang serta konstruksi CC7. Maka dari itu, metode *uprating* lebih efisien dari metode sisip transformator dalam hal biaya pengerjaan.

Kata kunci – uprating, sisip transformator, overload, drop voltage, ETAP

I. PENDAHULUAN

Sistem ketenagalistrikan di Indonesia selalu mengalami perkembangan tiap tahun. Perkembangan ini merupakan dampak dari peningkatan jumlah penduduk. Pertumbuhan jumlah penduduk dan ekonomi yang semakin pesat tentunya menyebabkan peningkatan kebutuhan energi listrik pula. Hal ini mengakibatkan bertambahnya permohonan tambah daya listrik oleh pelanggan terutama di area PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota. Semakin tingginya permohonan pelanggan dari tahun ke tahun berpengaruh pada peningkatan beban energi listrik. Melihat hal tersebut, keandalan pendistribusian tenaga listrik sangat diperlukan. Sistem distribusi merupakan sistem yang memiliki fungsi membagikan listrik ke pelanggan sesuai kebutuhan [1]. Namun, terdapat hambatan dalam pendistribusian listrik yaitu adanya gangguan pada transformator distribusi berupa *overload* [2]. Transformator distribusi merupakan komponen yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah [3].

Transformator distribusi adalah alat yang menurunkan nilai tegangan supaya tegangan yang dipakai sesuai dengan rating beban (peralatan listrik) pada umumnya [4]. Transformator dapat mengubah tenaga listrik di sisi primer dan sekunder melalui proses induksi elektromagnetik [5].

Berdasarkan data PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota tahun 2022, di area Yogyakarta Kota terdapat ratusan buah transformator distribusi tiga fase yang mengalami *overload*. Terjadinya *overload* pada transformator mengakibatkan kerugian dalam pendistribusian tenaga listrik seperti terhambatnya proses pendistribusian listrik, menurunnya *lifetime* dan rusaknya transformator karena panas yang berlebihan [6]. Sebagaimana yang ditetapkan SPLN No. 17 Tahun 1979 bahwa persentase pembebanan transformator tidak boleh melebihi 80% kapasitas bebannya [7]. SPLN No. 1 Tahun 1995 yang menyatakan bahwa sistem kelistrikan dikatakan andal apabila persentase jatuh tegangan

di sisi pelanggan tidak lebih dari +5% dan -10% tegangan normalnya [8].

Berdasarkan data PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota tahun 2022, area Yogyakarta Kota mendapat ratusan permohonan pelanggan untuk penambahan daya. Pada penambahan daya pelanggan, dampak yang akan terjadi haruslah diperhatikan. Hal ini karena penambahan daya pelanggan juga dapat mengakibatkan terjadinya *overload* pada transformator distribusi yang beroperasi. Oleh karena itu, diperlukan studi untuk mengetahui apakah transformator distribusi yang beroperasi akan mengalami *overload* apabila dilakukan penambahan daya. Jika benar, maka perlu dilakukan upaya antisipasi *overload*. Terdapat upaya yang umum dilakukan untuk mengatasi *overload* yaitu 54utase transformator (*change*) atau menaikkan kapasitas transformator (*uprating*), sisip transformator, dan rekonfigurasi jaringan (mengalihkan sebagian beban ke transformator lain) [9].

Uprating dapat memecahkan permasalahan *overload* pada transformator distribusi GT-PCDJ di ULP Pangkep. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan nilai persentase pembebanan transformator [10]. *Uprating* transformator-1 yang berada di GI BSB juga memiliki dampak seperti level tegangan naik, faktor beban naik, serta nilai *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) dan *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) yang menurun. Selain itu terdapat konsekuensi berupa adanya biaya investasi serta perlunya *re-setting* relai arus lebih dan penambahan relai gangguan tanah terbatas [11].

Cara mengatasi transformator yang mengalami *overload* yaitu dengan menambahkan atau menyisipkan transformator untuk membagi beban. Hal ini diketahui dari persentase pembebanan transformator dan persentase tegangan jatuh yang turun [12]. Sisip transformator merupakan upaya untuk meminimalisir terjadinya *overload*. Hal ini ditunjukkan pada kondisi pembebanan transformator BL 11 yang menurun sedangkan untuk tegangan ujung naik [13]. Umumnya transformator sisipan dipasang paralel dengan transformator eksisting. Adapun syarat supaya transformator dapat dioperasikan paralel yaitu tegangan kerja, frekuensi, *vector group*, dan impedansi transformator harus sama [14].

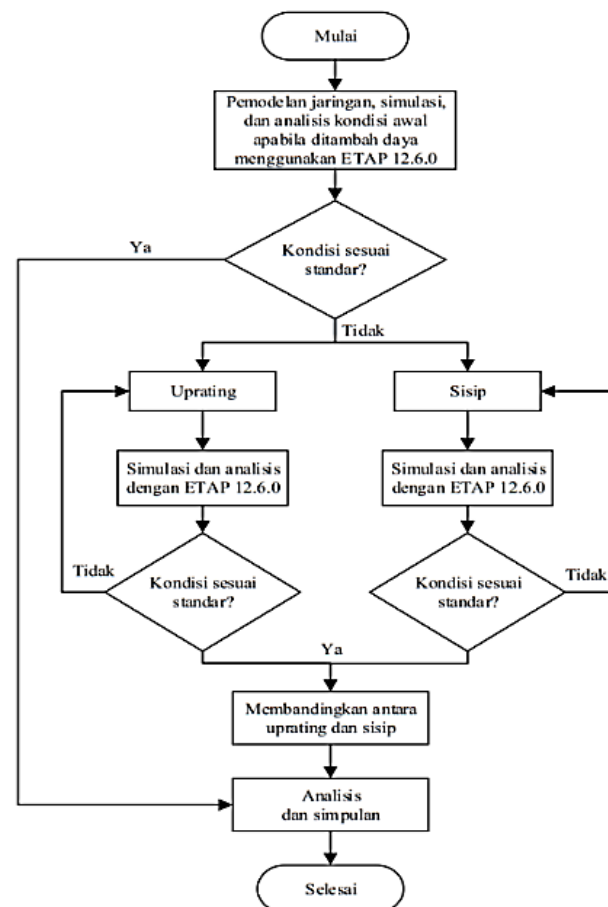
Kinerja transformator dapat diperbaiki dengan *uprating* transformator, menambahkan gardu sisip, atau melalui rekonfigurasi jaringan. Berdasarkan hasil simulasi, *uprating* menyebabkan persentase pembebanan menurun. Selain itu, penambahan gardu sisipan dan rekonfigurasi jaringan juga mengakibatkan persentase pembebanan mengalami penurunan [15]. Rekonfigurasi penyulang dilakukan karena beban puncak penyulang sangat tinggi melebihi batas maksimum yang ditetapkan PT PLN (Persero). Dari hasil pengukuran didapat bahwa persentase arus pembebanan pada Penyulang Berawa turun sedangkan untuk Penyulang Bumbak naik [16].

Beberapa penelitian terdahulu masih membahas upaya untuk mengatasi permasalahan *overload*, belum ada yang

membahas upaya mengantisipasi *overload*. Mayoritas penelitian juga hanya membahas satu metode penelitian saja. Sebagai informasi, upaya/metode yang umum dilakukan PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota dalam mengantisipasi dan mengatasi *overload* yaitu *uprating* dan sisip transformator. Kedua upaya umum dilakukan karena lebih ekonomis dari segi biaya dan lebih efektif mengatasi *overload* kedepannya. Sedangkan upaya rekonfigurasi jaringan jarang dilakukan di Yogyakarta Kota karena merupakan area yang relatif padat penduduk beserta segala aktivitasnya sehingga transformator distribusi yang ada mayoritas sudah cukup besar nilai pembebanannya. Penelitian ini bertujuan untuk menyimulasikan, menganalisis, dan membandingkan antara upaya *uprating* dan sisip transformator, mana yang lebih efektif dan efisien dalam mengantisipasi *overload* pada transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota.

II. METODOLOGI

Penelitian mengenai analisis perbandingan *uprating* dan sisip transformator 3 fasa untuk mengantisipasi terjadinya *overload* pada transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota ini dilakukan secara bertahap sesuai dengan Gambar flowchart yang tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart penelitian

Berdasarkan *flowchart*, penelitian dilakukan bertahap mulai dari studi literatur untuk lebih memahami materi, perumusan masalah, tujuan, dan hipotesis untuk mengetahui kemana arah penelitian akan dibahas. Kemudian observasi dan pengumpulan data seperti nilai pembebanan, tegangan, biaya, spesifikasi peralatan, hingga *single line diagram* (SLD) jaringan yang dilakukan melalui pengukuran di lapangan maupun wawancara dengan mentor di kantor. Setelah didapat berbagai data, dilakukan pemodelan jaringan dan simulasi kondisi awal untuk mengetahui apakah jaringan tersebut sudah sesuai standar. Kondisi awal yang dimaksud yaitu kondisi apabila jaringan dilakukan penambahan daya sesuai permohonan pelanggan. Jika ditemukan jaringan tidak sesuai maka dilakukan upaya atau metode untuk mengantisipasi kondisi tidak sesuai tersebut. Upaya antisipasi dilakukan dengan dua metode yaitu *uprating* dan sisip transformator.

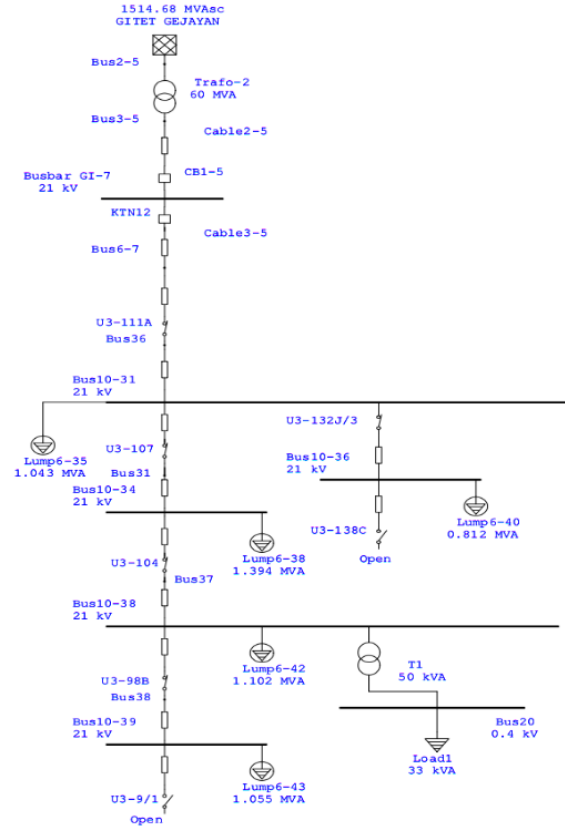
Kedua upaya dilakukan pemodelan, simulasi, dan analisis hingga kondisi jaringan sudah sesuai standar. Selanjutnya yaitu membandingkan di antara kedua upaya tersebut mana yang lebih efektif dan efisien untuk mengantisipasi *overload*. Tahapan terakhir yaitu analisis dan pengambilan kesimpulan dari proses perbandingan kedua metode sebelumnya.

Berdasarkan *flowchart*, analisis data penelitian akan mengacu pada hasil simulasi perangkat lunak ETAP. Simulasi digunakan untuk mengetahui apakah transformator distribusi yang telah beroperasi tetap dalam kondisi sesuai standar apabila dilakukan penambahan daya. Simulasi juga digunakan untuk mengetahui pengaruh *uprating* dan sisip transformator terhadap variabel seperti persentase pembebanan, persentase *drop voltage* serta biaya investasi yang akan digunakan dalam pekerjaannya. Kondisi yang dimaksud merupakan kondisi berdasarkan dua buah standar yang berlaku. Kondisi pertama merupakan kondisi sesuai SPLN No. 17 Tahun 1979 yang menyatakan bahwa terdapat tiga macam kondisi transformator sesuai persentase pembebanan transformator yaitu kondisi normal, waspada dan darurat [7]. Untuk keterangan lebih detail mengenai standar persentase pembebanan dapat dilihat pada Tabel 1.

Kondisi kedua yaitu kondisi sesuai SPLN No.1 Tahun 1995 yang menyatakan bahwa sistem kelistrikan dikatakan andal apabila persentase jatuh tegangan di sisi pelanggan tidak melebihi +5% dan -10% tegangan normalnya [8]. Adapun untuk lokasi transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 berada di Jl. Affandi, Yogyakarta. SLD kondisi eksisting transformator dapat dilihat pada Gambar 2. SLD ini dimulai dari penyulang gardu induk (GI) Gejayan hingga lokasi pekerjaan atau lokasi transformator distribusi. Seperti yang terlihat pada Gambar 2, transformator distribusi dengan nomor tiang U3-98/1 berada di wilayah yang disuplai oleh penyulang Gejayan-12 atau biasa ditulis dengan GJN-12. Berdasarkan Gambar 2, diketahui pula bahwa pada kondisi awal, transformator distribusi terhubung dengan beban sebesar 33 kVA. Selain itu, kapasitas transformator distribusi eksisting yang terpasang yaitu sebesar 50 KVA.

Tabel 1. Persentase Pembebanan Transformator [7]

Parameter	Normal	Waspada	Darurat
Persentase Pembebanan Transformator	$\leq 80 \%$	$80 \% \leq x \leq 91 \%$	$\geq 91 \%$



Gambar 2. SLD kondisi awal beban 33 kVA

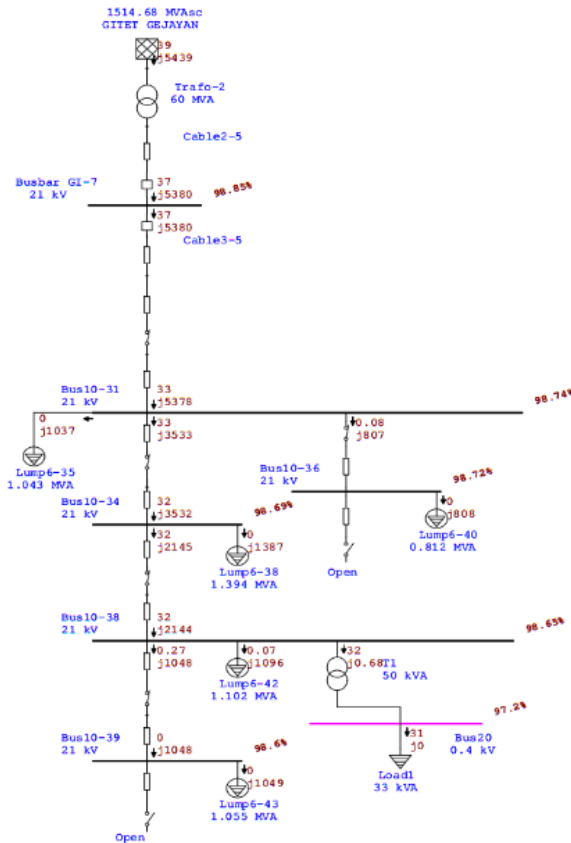
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Awal

1) *Sebelum Penambahan Daya* : Gambar 3 merupakan Gambar SLD simulasi kondisi awal dengan beban 33 kVA. SLD simulasi ini menggunakan jaringan yang bermula dari GI Gejayan. Berdasarkan Gambar 3, pada bus terdekat dengan beban yaitu bus 20 telah terjadi *drop voltage*. Nilai tegangan yang terukur di bus 20 hanya 97,2% dari tegangan nominal. Hal ini berarti bahwa telah terjadi *drop voltage* sebesar 2,8%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil simulasi dan *report* ETAP, pada kondisi sebelum dilakukan penambahan daya, nilai jatuh tegangan di bus 20 sudah sesuai standar.

Tabel 2. Laporan pembebanan kondisi awal dengan 33 kVA

ID	Tipe	Kapasitas (kVA)	Loading	
			kVA	%
T1	Transformator 3 fasa	50	32	63,3



Gambar 3. SLD simulasi kondisi awal dengan 33 kVA

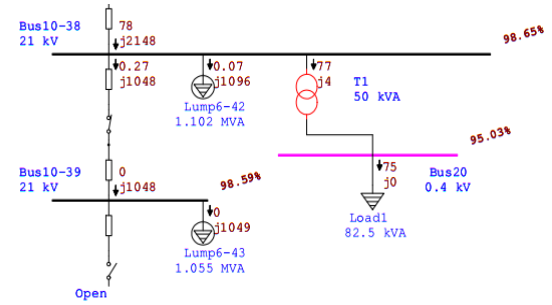
Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa nilai pembebanan transformator distribusi pada kondisi awal dengan beban sebesar 33 kVA yaitu 63,3%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil simulasi dan report, pada kondisi sebelum dilakukan penambahan daya, transformator dalam kondisi normal dan nilai persentase pembebanan transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 sudah sesuai standar.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, perkembangan penduduk di daerah Affandi menyebabkan pelanggan yang berupa toko semakin ramai dan perlu penambahan berbagai peralatan listrik yang dapat mendukung operasionalnya. Hal ini berakibat pada perlunya penambahan daya listrik pelanggan tersebut. Oleh karena itu, pelanggan mengajukan permohonan penambahan daya dari yang sebelumnya 33 kVA menjadi 82,5 kVA pada ULP Yogyakarta Kota.

2) *Setelah Penambahan Daya.*: ULP Yogyakarta Kota merupakan unit perantara distribusi listrik ke pelanggan. Sebagai unit yang menerima pengajuan tambah daya dari pelanggan, ULP tidak langsung menyanggupi. Divisi teknik perlu melakukan survei lokasi untuk mengetahui informasi yang mendukung perencanaan tambah daya pelanggan. Setelah survei, diketahui bahwa jika kegiatan tambah daya dari 33 ke 82,5 kVA dilakukan dengan kapasitas transformator 50 kVA, maka akan terjadi *overload*.

Tabel 3. Laporan pembebanan kondisi awal dengan 82,5 kVA

ID	Tipe	Kapasitas (kVA)	Loading	
			kVA	%
T1	Transformator 3 fasa	50	77	154,7



Gambar 4. SLD simulasi kondisi awal dengan 82,5 kVA

Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa telah dilakukan penambahan daya pada pelanggan dari yang semula 33 kVA menjadi 82,5 kVA. Pada Gambar terlihat bahwa meskipun telah dilakukan penambahan daya, kapasitas transformator distribusi yang terhubung pada beban tetap 50 kVA

Hal ini mengakibatkan transformator (T1) terlihat berwarna merah yang berarti telah mengalami *overload*. Selain itu, berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui pula bahwa telah terjadi *drop voltage* pada bus terdekat dengan beban yaitu bus 20. Pada bus 20, nilai tegangan yang terukur hanya 95,03 % dari tegangan nominal. Hal ini berarti bahwa pada bus 20, terjadi *drop voltage* sebesar 4,97 %. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil simulasi dan *report* ETAP, pada kondisi setelah dilakukan penambahan daya menjadi 82,5 kVA, nilai jatuh tegangan atau *drop voltage* di bus 20 sudah sesuai standar.

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa nilai pembebanan transformator distribusi pada kondisi awal dengan beban sebesar 82,5 kVA yaitu 154,7%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pada kondisi setelah dilakukan penambahan daya baik berdasarkan hasil simulasi dan *report* ETAP, nilai persentase pembebanan transformator distribusi lebih dari 91% kapasitas maksimumnya. Maka dari itu, berdasarkan SPLN No.17 Tahun 1979, transformator distribusi ini termasuk dalam kondisi darurat (*overload*).

Berdasarkan hasil simulasi setelah penambahan daya, dapat diketahui pula bahwa diperlukan suatu upaya untuk mengantisipasi terjadinya *overload* pada transformator distribusi. Terdapat dua upaya atau metode yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu *uprating* dan sisip transformator.

B. Metode Antisipasi Terjadinya Overload

1) *Uprating Transformator*: Gambar 5 merupakan Gambar SLD simulasi pada metode *uprating* transformator. Pada Gambar ini telah dilakukan penambahan daya pada pelanggan dari yang semula 33 kVA menjadi 82,5 kVA. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, penambahan daya

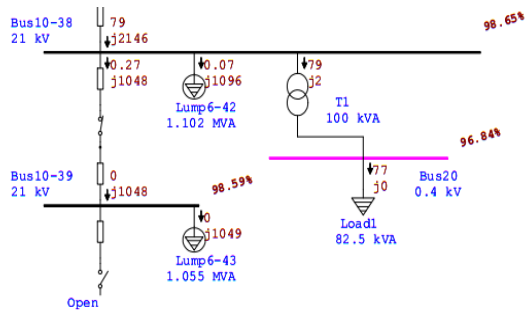
pada pelanggan akan mengakibatkan terjadinya *overload* atau beban lebih.

Maka dari itu, dilakukan metode pertama untuk mengantisipasi terjadinya *overload* pada transformator distribusi. Metode pertama yaitu dengan melakukan *uprating* atau menaikkan nilai kapasitas transformator distribusi dari yang semula 50 kVA menjadi 100 kVA.

Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa *uprating* transformator mengakibatkan transformator (T1) yang sebelumnya mengalami *overload* setelah penambahan daya, dapat kembali beroperasi secara normal. Hal ini menunjukkan bahwa T1 sudah tidak mengalami *overload*. Selain itu, berdasarkan Gambar 5 diketahui pula bahwa telah terjadi *drop voltage* pada bus 20. Pada bus 20, nilai tegangan yang terukur hanya 96,84 % dari tegangan nominal. Hal ini berarti bahwa pada bus 20, terjadi *drop voltage* sebesar 3,16 %. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa berdasarkan hasil simulasi dan *report* ETAP, pada kondisi setelah dilakukan *uprating*, nilai jatuh tegangan/*drop voltage* di bus 20 sudah sesuai standar.

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai pembebanan transformator distribusi setelah dilakukan upaya *uprating* transformator yaitu 78,8%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan berdasarkan hasil simulasi dan *report* ETAP, pada kondisi setelah dilakukan metode *uprating* transformator nilai persentase pembebanan transformator kurang dari 80% kapasitas maksimumnya. Sesuai SPLN No. 17 Tahun 1979, transformator ini sudah normal/tidak mengalami *overload*.

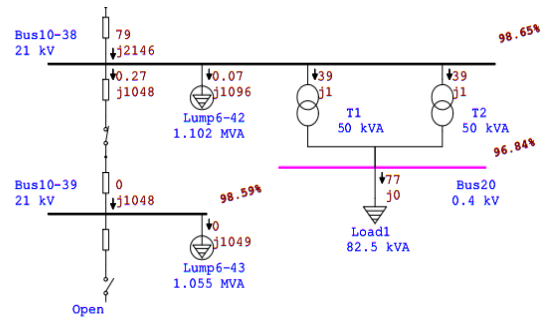
2) *Sisip Transformator*: Gambar 6 merupakan Gambar SLD simulasi pada metode sisip transformator. Pada Gambar ini telah dilakukan penambahan daya pada pelanggan dari yang semula 33 kVA menjadi 82,5 kVA. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, penambahan daya mengakibatkan terjadinya *overload*. Maka dari itu, dilakukan metode kedua untuk mengantisipasi *overload* pada transformator. Metode kedua yang dilakukan yaitu dengan melakukan penyisipan atau penambahan jumlah transformator. Transformator distribusi yang disisipkan (T2) memiliki kapasitas 50 kVA.



Gambar 5. SLD simulasi uprating

Tabel 4. Laporan pembebanan uprating transformator

ID	Tipe	Kapasitas (MVA)	Loading	
			MVA	%
T1	Transformator 3 fasa	0,100	0,079	78,8



Gambar 6. SLD simulasi sisip transformator

Tabel 5. Laporan pembebanan sisip transformator

ID	Tipe	Kapasitas (MVA)	Loading	
			MVA	%
T1	Transformator 3 fasa	0,050	0,039	78,8
T2	Transformator 3 fasa	0,050	0,039	78,8

Berdasarkan Gambar 6, dengan dilakukannya upaya sisip transformator mengakibatkan transformator (T1) yang sebelumnya berwarna merah dan mengalami *overload* karena penambahan daya, terlihat berwarna hitam kembali. Hal ini menunjukkan bahwa T1 sudah tidak mengalami *overload*.

Selain itu, berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui pula bahwa telah terjadi *drop voltage* pada bus terdekat dengan beban yaitu bus 20. Pada bus 20, nilai tegangan yang terukur hanya 96,84 % dari tegangan nominal. Hal ini berarti bahwa pada bus 20, terjadi *drop voltage* sebesar 3,16 %. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil simulasi ETAP, setelah dilakukan sisip transformator, nilai jatuh tegangan di bus 20 sudah sesuai standar.

Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa nilai pembebanan transformator (T1) setelah dilakukan sisip transformator yaitu 78,8%. Dari hasil perhitungan, didapat hasil yaitu nilai persentase pembebanan transformator (T1) sebesar 78%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan pada kondisi setelah dilakukan metode sisip transformator, nilai persentase pembebanan transformator kurang dari 80% kapasitas maksimumnya. Sesuai SPLN No.17 Tahun 1979, transformator distribusi ini sudah termasuk dalam kondisi normal atau tidak mengalami *overload*.

C. Biaya Pekerjaan

Pada setiap pekerjaan tentunya diperlukan biaya dalam pengerjaan. Pembuatan rencana anggaran biaya (RAB) sangat penting dilakukan sebelum dilakukan suatu pekerjaan. Hal ini bertujuan supaya pekerjaan yang akan dilakukan dapat terlaksana dengan baik dan sistematis serta meminimalisir masalah kurangnya material maupun ketidakcocokan upah kerja dengan tugas yang dikerjakan. Biaya-biaya pengerjaan yang tercantum pada penelitian ini bersumber pada RAB yang dibuat PT. PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota.

1) *Biaya Uprating Transformator*: Sebelum dilaksanakan *uprating* untuk mengantisipasi *overload* pada

transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 dilakukan pendataan material dasar utama (MDU) dan material *hardware* (material pendukung dari material utama) serta pembuatan RAB pekerjaan. Adapun RAB *uprating* tertera pada Tabel 6.

Seperti Tabel 6, *uprating* transformator membutuhkan MDU sebesar 36 juta rupiah, upah pekerja empat juta rupiah, biaya transportasi sebesar Rp225.400. Selain itu, ada pajak sebesar 11%. Dengan demikian, total biaya yang diperlukan dalam pekerjaan *uprating* transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 yaitu sebesar 44,4 juta rupiah.

2) *Biaya Sisip Transformator*: Sebelum dilaksanakan sisip transformator, terlebih dahulu dilakukan pendataan material dasar utama (MDU), material *hardware*, dan pembuatan RAB pekerjaan. Adapun RAB sisip transformator tertera pada Tabel 7.

Seperti Tabel 7, sisip transformator membutuhkan biaya MDU sebesar 39 juta rupiah dan material hardware dua juta rupiah. Konstruksi yang digunakan yaitu CC7, tiang beton JTM tiga fase pada ujung jaringan (dead end). Konstruksi CC7 terdiri dari beberapa material hardware sebagai berikut:

- 4 buah isolator tarik 20 KV, 10" (2 pcs) (kode: sus)
- 1 buah *eye bolt, double arming* 5/8" (kode: bdm)
- 1 buah *spool insulator* ansi 53-2 (kode: ansi)
- 1 buah *oval eye bolt* 5/8" (kode: oeb)
- 3 buah *oval eye nut* 5/8" (kode: oen)
- 1 buah *clevis swinging secondary* (kode: clv)

Tabel 6. RAB *uprating* transformator

Uraian	Biaya (Rp)
Pemasangan APP 3 fasa 82,5 kVA	14.638.326
Pemasangan Trafo 3 fasa 100 KVA 1	25.152.193
Lain-lain (transportasi)	225.400
Jumlah MDU	36.004.160
Jumlah Jasa	4.011.759
PPN 11%	4.401.751
Jumlah Total	44.417.670

Tabel 7. RAB sisip transformator

Uraian	Biaya (Rp)
Pemasangan APP 3 fasa 82,5 kVA	16.966.110
Pemasangan Trafo 3 fasa 100 KVA 1 tiang	18.696.723
Pemasangan Konstruksi Tiang CC7	8.106.076
Lain-lain (transportasi dan penomoran tiang)	225.400
Jumlah MDU	39.176.985
Jumlah Jasa	2.062.050
PPN 11%	4.840.371
Jumlah Total	48.843.740

- 2 buah *cross arm steel* 2000 mm galvanis (kode: cas)
- 4 buah *brace steel* 770 mm (kode: bst)
- 3 buah *bolt machine* 5/8"X10" (kode: bm)
- 1 buah *pole band double rack* 7" atau 71/2" (kode: pbdr)
- 8 buah *washer square* 2 1/4" (kode: wsq)
- 1 buah *armour tape*
- 1 buah *loop dead end clamp/LC* 35 s/d 240 mm²
- 1 buah *primary dead-end clamp*
- 1 buah *split plastic sleeve* (tutup kabel)

Sisip trafo juga memerlukan biaya upah pekerja sebesar tiga juta rupiah. Biaya transportasi dan penomoran tiang sebesar Rp234.460. Pajak untuk jasa layanan kelistrikan sebesar 11%. Dengan demikian, total biaya yang diperlukan dalam pekerjaan sisip transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 yaitu sebesar 48 juta rupiah.

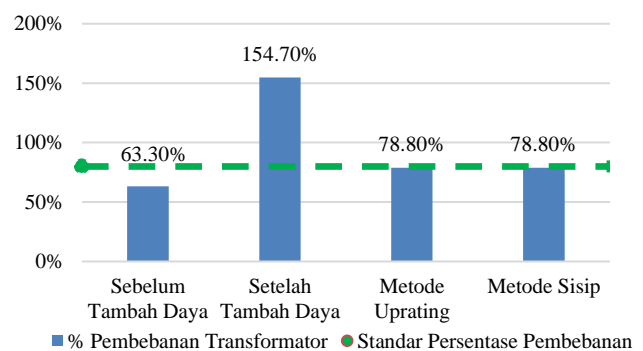
D. Perbandingan Metode *Uprating* dan Sisip Transformator

Pembahasan ini dilakukan perbandingan untuk mengetahui antara dua metode mana yang lebih efektif dan efisien untuk mengantisipasi *overload*.

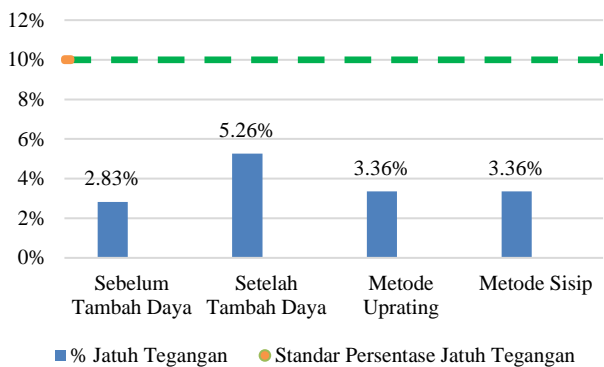
1) *Segi Teknis*: Perbandingan dari segi teknis merupakan perbandingan persentase pembebanan transformator distribusi dan persentase jatuh tegangan (*drop voltage*) dengan acuan hasil simulasi ETAP. Perbandingan persentase pembebanan berdasarkan hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 7.

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa metode *uprating* dan sisip transformator dapat menurunkan nilai persentase pembebanan transformator. Kedua metode yaitu *uprating* dan sisip transformator sama-sama dapat menurunkan nilai persentase pembebanan transformator sebesar 75,9% dari yang semula persentase pembebanannya 154,7% menjadi 78,8%.

Berdasarkan Gambar 8 diketahui bahwa *uprating* dan sisip transformator dapat menurunkan nilai persentase jatuh tegangan sebesar 1,81% dari yang semula 4,97% menjadi 3,16%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dari segi teknis, metode *uprating* dan sisip transformator memiliki tingkat efektivitas yang sama untuk mengantisipasi *overload* pada transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota.



Gambar 7. Grafik perbandingan %pembebanan transformator



Gambar 8. Grafik perbandingan persentase jatuh tegangan

Tabel 8. Perbandingan biaya pekerjaan

Metode	Uprating transformator (Rp)	Sisip transformator (Rp)
Material Dasar Utama (MDU)	39.176.985	36.004.160
Material Hardware	2.764.334	0
Jasa	3.789.359	4.011.789
Lain-lain	234.460	225.400
Total Biaya Pekerjaan	44.417.670	48.843.740

Berdasarkan Gambar 8 diketahui bahwa *uprating* dan sisip transformator dapat menurunkan nilai persentase jatuh tegangan sebesar 1,81% dari yang semula 4,97% menjadi 3,16%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dari segi teknis, metode *uprating* dan sisip transformator memiliki tingkat efektivitas yang sama untuk mengantisipasi *overload* pada transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota.

2) *Segi Teknis*:. Perbandingan dari segi biaya pekerjaan merupakan perbandingan dengan acuan RAB pekerjaan yang dilakukan. Untuk perbandingan biaya pekerjaan *uprating* dan sisip transformator tertera pada Tabel 8.

Berdasarkan Tabel 8 diketahui bahwa total biaya pekerjaan kedua metode cukup berbeda. *Uprating* membutuhkan biaya sebesar Rp44.417.670. Sedangkan sisip transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 membutuhkan biaya sebesar Rp48.843.740. Berikut merupakan perbedaan di antara kedua metode:

- Pada pemasangan APP 3 fasa daya 82,5 kVA: *Uprating* perlu kabel NYY 4x70 mm² sepanjang 7 meter sedangkan sisip transformator perlu 15 meter.
- Pada pemasangan trafo: *Uprating* perlu sebuah trafo 3 fase 100 kVA, serandang, upah pasangannya dan upah bongkar trafo 50 kVA. Sedangkan sisip trafo perlu sebuah transformator 3 fase 50 kVA, serandang dan upah jasa pasangannya.

- *Uprating* tidak perlu biaya penomoran dan pemasangan tiang serta konstruksi CC7.

Berdasarkan Tabel 8 diketahui bahwa *uprating* lebih murah Rp4.426.070 dibandingkan sisip transformator. Selain itu, disimpulkan pula bahwa pekerjaan *uprating* transformator lebih efisien untuk mengantisipasi terjadinya *overload* pada transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota.

IV. SIMPULAN

Penambahan daya berpengaruh pada peningkatan persentase pembebanan transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 dari yang semula 63,3% menjadi 154,7%. Sesuai SPLN No.17 Tahun 1979, penambahan daya ini menyebabkan transformator *overload* karena persentase pembebanan lebih dari 91%. Berdasarkan simulasi ETAP, metode *uprating* menyebabkan penurunan persentase pembebanan transformator dari 154,7% menjadi 78,8% sehingga transformator sudah normal kembali. *Uprating* juga menyebabkan penurunan persentase *drop voltage* dari 4,97% menjadi 3,16%. Untuk total biaya pekerjaan *uprating* sebesar Rp44.417.670. Selain itu, berdasarkan simulasi ETAP, metode sisip transformator menyebabkan penurunan persentase pembebanan dari 154,7% menjadi 78,8% sehingga transformator sudah normal. Sisip transformator juga menyebabkan penurunan persentase *drop voltage* dari 4,97% menjadi 3,16%. Untuk total biaya pekerjaan sisip transformator sebesar Rp48.843.740.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dari segi teknis, kedua metode antisipasi *overload* menunjukkan hasil efektivitas yang sama karena persentase pembebanan dan *drop voltage* mengalami penurunan yang sama. Sedangkan dari segi biaya pekerjaan, metode *uprating* membutuhkan biaya yang lebih murah sehingga *uprating* lebih efisien dari sisip transformator dalam mengantisipasi terjadinya *overload* pada transformator distribusi penyulang GJN-12 nomor tiang U3-89/1 PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota.

PENELITIAN LANJUTAN

Pada penelitian lebih lanjut di masa depan, direkomendasikan kepada sesama peneliti untuk menambahkan metode lain seperti rekonfigurasi jaringan dalam penelitian mengenai cara antisipasi maupun mengatasi terjadinya beban lebih (*overload*) pada transformator distribusi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada PT. PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota yang telah memberi saran dan masukan serta menyediakan berbagai data penelitian untuk mendukung terlaksananya penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] H. Purnomo, Analisis Sistem Daya Bagian: Saluran Transmisi Daya Elektrik, Malang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2016.

-
- [2] K. Samangun, M. Suyanto and S. Priyambodo, "Analisis Transformator Distribusi Akibat Gangguan Overload dan Sparkover di PT PLN (Persero) APJ Yogyakarta," *Jurnal Elektrikal*, vol. 4, no. 1, pp. 21-30, 2019.
- [3] S. Sadi and M. Arif, "Pengukuran Perbandingan Belitan Pada Transformator 3 Fasa 50 Hz 250 kVA," *Jurnal Teknik*, vol. 3, no. 2, pp. 67-74, 2014.
- [4] K. A. Kodoati, F. Lisi and M. Pakiding, "Analisa Perkiraan Umur Transformator," *E-journal Teknik Elektro dan Komputer*, pp. 35-43, 2015.
- [5] R. Khomarudin and L. Subekti, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban dan Harmonisa Terhadap Arus Netral pada Trafo Distribusi 8 Kapasitas 500 kVA di PPSDM Migas Cepu," *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, vol. 1, no. 2, pp. 28-33, Desember 2020.
- [6] M. T. Nugraha and D. Fauziah, "Penanggulangan Overload Transformator Distribusi dengan Metode Uprating di Gardu PNBS 20 KV ULP Pangandaran," in *Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO)*, Bandung, 2021.
- [7] PLN, *Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak*, 17 ed., vol. 17, Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, 1979.
- [8] PLN, *Tegangan-Tegangan Standar*, 1 ed., Jakarta: PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), 1995.
- [9] A. A. D. Amir, A. R. Sultan and M. I. Bachtiar, "Analisis Penerapan Fungsi Dua Tahap Pada Relai Proteksi Standby," in *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2022-Teknik Listrik*, Makassar, 2022.
- [10] M. R. W. Susanto, "Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya di PT. PLN (Persero) ULP Pangkep," Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar, 2020.
- [11] D. A. Nikmah, "Analisis Dampak dan Konsekuensi dari Uprating Transformator-1 di Gardu Induk Bumi Semarang Baru 150 KV," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2020.
- [12] A. A. F. N. Rochim, "Analisis Penambahan Trafo Sisipan Pada Penyulang ULP Klaten Kota dengan Menggunakan Aplikasi Program ETAP," Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2022.
- [13] P. Harahap, M. Adam and A. Prabowo, "Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 KV Mengurangi Beban Overload dan Jatuh Tegangan Pada trafo BI 11 Rayon Tanah Jawa dengan Simulasi Etap 12.6.0," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 62-68, Januari 2019.
- [14] B. Y. Husodo and Firmansyah, "Analisis Vector Group Pada Hubungan Paralel Transformator Unit Gardu Bergerak," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 7, no. 3, pp. 130-139, 2016.
- [15] I. P. Sutawinaya, A. Narrotama and I. A. Pujana, "Meningkatkan Kinerja Gardu Distribusi SK76 Penyulang Sukasada dalam Menangani Overblast Menggunakan Simulasi Perangkat Lunak ETAP," *Jurnal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*, vol. 3, pp. 1-7, 2022.
- [16] I. G. N. I. Wiguna, I. G. D. Arjana and T. G. Indra, "Analisa Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Pada Penyulang Berawa Untuk Menurunkan Losses dan Drop Tegangan Penyaluran Tenaga Listrik," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, no. 2, pp. 67-71, Juni 2019.
-