

Perbaikan Jaringan Tegangan Rendah Dengan Sisip Trafo Distribusi Fase Tunggal Untuk Mengurangi Overload dan Jatuh Tegangan PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota

M Dwi Cahyo R¹, Nina Loenca Br G², Haidar Nabil M³, Nur Risya D N⁴ Candra Febri N⁵

[Submission: 23-07-2023, Accepted: 19-09-2023]

Abstract— Distribution transformers play a crucial role in the distribution network by transforming electrical energy from the source to the customers. This is closely related to issues in the process of distributing electrical energy. According to PLN standards, a transformer is considered overloaded when the load exceeds 80% of its installed capacity. Overloading can lead to increased transformer temperature, potentially damaging the insulation and causing power supply disruptions to consumers. A B&D 50kVA distribution transformer has been installed on pole 17A/U3-30 in the Belibis Street, Wonocatur, Banguntapan, Yogyakarta area. The transformer is currently experiencing a load of 112.5%. In this study, the insertion of an additional transformer is proposed as a solution to reduce the overload percentage and voltage drop. The transformer insertion has already been implemented in the field, and this study aims to analyze its impact by determining the optimal location through simulations. Based on the simulation results using ETAP, the transformer insertion on pole 1/S3-19 in the field can improve the voltage value at the customer end to 0.94 p.u., with a load of 86.6% on the inserted transformer and 35.6% on the existing transformer. However, an best location determination is found on pole 18/S3-17 based on the best voltage value at the customer end, which is 0.94 p.u., with the existing transformer operating at 58.1% load and the inserted transformer operating at 65.3% load. The inserted transformer can effectively reduce overload and voltage drop for customers, and by determining the optimal location, it can enhance the efficiency of analyzing load development and voltage values.

Keywords— transformer; overload; drop voltage; ETAP

Intisari— Transformator distribusi berperan penting dalam jaringan distribusi untuk mentransformasikan energi listrik dari sumber ke pelanggan. Keadaan tersebut akan berkaitan dengan permasalahan pada proses distribusi energi listrik. Pada standar PLN, kapasitas trafo ditetapkan menjadi overload apabila beban melebihi 80% dari kapasitas trafo yang terpasang. Overload dapat menyebabkan peningkatan suhu transformator yang berpotensi merusak isolasi dan berpotensi terjadinya pemutusan penyaluran listrik ke konsumen. Transformator yang telah terpasang B&D 50kVA yang telah terpasang pada tiang 17A/U3-30 wilayah Jalan Belibis, Wonocatur, Banguntapan, Yogyakarta. Transformator tersebut mengalami pembebanan hingga 112,5%. Dalam penelitian ini, sisip trafo menjadi solusi untuk menekan presentase overload

dan jatuh tegangan. Sisip trafo sebenarnya sudah dilakukan pada lapangan, maka dalam penelitian ini akan dilakukan analisis pengaruh setelah sisip dengan penentuan lokasi optimal melalui simulasi. Dari hasil simulasi ETAP nilai sisip trafo pada tiang 1/S3-19 lapangan dapat memperbaiki nilai tegangan pada ujung pelanggan sebesar 0,94 p.u. dengan pembebanan pada transformator sisip sebesar 86,6% dan trafo existing sebesar 35,60%. Akan tetapi, terdapat penentuan lokasi terbaik yaitu tiang 18/S3-17 berdasarkan nilai tegangan paling baik pada ujung pelanggan yaitu 0,94 p.u. dengan transformator existing dalam kondisi normal sebesar 58,1% pembebanan dan pada transformator sisip sebesar 65,3%. Transformator sisip dapat menurunkan overload dan jatuh tegangan pada pelanggan, dan dengan menentukan lokasi optimal dapat menambahkan efisiensi analisis mengenai dampak perkembangan beban dan nilai tegangan.

Kata Kunci— transformator; overload; jatuh tegangan; ETAP

I. PENDAHULUAN

Konsumsi listrik yang membaik menggambarkan adanya pemulihan dari perekonomian, dan perkembangan pada wilayah industri [1]. Jumlah kebutuhan energi listrik meningkat pesat dengan bertambahnya tahun. PT PLN (Persero) merupakan perusahaan yang memiliki fokus sebagai penyedia energi listrik untuk konsumen. Pada distribusi tenaga listrik di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) terdapat pembagian wilayah kerja dengan tujuh rayon yaitu Unit Layanan Pelanggan (ULP) Kalasan, Sleman, Bantul, Sedayu, Wates (Kab. Kulon Progo), Wonosari (Kab. Gunung Kidul), dan Yogyakarta Kota (mencakup Yogyakarta Utara dan Selatan). Unit Layanan Pelanggan merupakan unit di bawah pelaksana Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) area Yogyakarta dipimpin oleh Manager Area. Pada ULP Yogyakarta Kota berfokus membantu dalam pelayanan pelanggan dan jaringan distribusi listrik dengan ruang lingkup wilayah lebih kecil yaitu wilayah Kota Yogyakarta.

Dalam transformator distribusi tenaga listrik harus memiliki mutu yang baik dari keandalan dan keamanan pada penyalurannya yaitu diperlukannya keseimbangan pada beban [2] [3]. Seiring dengan meningkatnya permintaan energi listrik pada pelanggan maka akan berjalan sebanding dengan pembebanan pada transformator. Terjadinya *overload* pada transformator dapat mengakibatkan kerugian seperti panas lebih atau *overheating* pada trafo yang nantinya akan mempengaruhi umur dari transformator [4]. Jika transformator terbebani melebihi kapasitasnya, suhu pada lilitan transformator akan meningkat. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada isolasi lilitan dan berpotensi merusak

¹²³⁴⁵ Program Studi Teknologi Rekayasa Elektro, Departemen Teknik Elektro Dan Informatika, Jl. Yacarana, Sekip Unit IV, Yogyakarta 55281 (telp: (0274) 6491302; fax: (0274) 542908; e-mail: dcachyo1812@mail.ugm.ac.id, ninaginting10@mail.ugm.ac.id, haidar.nabil.muflih@mail.ugm.ac.id, risyadifa912@mail.ugm.ac.id, candra.febri.nugraha@ugm.ac.id

Candra Febri N: Perbaikan Jaringan Tegangan Rendah Dengan...



transformator. Selain itu, situasi *overload* juga berisiko menyebabkan terputusnya listrik ke konsumen [5] [6].

Transformator sisip, juga dikenal sebagai transformator tambahan atau transformator penambah, merupakan perangkat yang digunakan dalam jaringan listrik untuk meningkatkan kapasitas atau mengatasi pembebanan berlebih yang terjadi pada transformator utama [7]. Transformator sisip dipasang dihubungkan ke sistem distribusi untuk membagi beban listrik menjadi dua bagian dari transformator utama, dengan memperhatikan tegangan pada titik awal dan titik akhir jaringan. Fungsi utama dari transformator sisip adalah untuk memperluas kapasitas jaringan listrik dengan menambahkan daya yang tersedia. Ketika beban listrik melebihi kapasitas yang dapat ditangani oleh transformator utama, transformator sisip diaktifkan untuk membantu mendistribusikan beban secara merata antara transformator utama dan transformator sisip [8] [9].

II. STUDI PUSTAKA

A. Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang bertugas mengalirkan energi listrik dari pembangkit besar ke konsumen [10]. Sistem distribusi melibatkan penggunaan Pemutus Tenaga (PMT) di Gardu Induk dan Alat Pengukur dan Pembatas (APP) di beban (konsumen). Fungsinya adalah menyampaikan dan membagikan energi listrik dari gardu induk ke pusat beban, baik secara langsung maupun melalui gardu distribusi [11] [12]. Sedangkan transformator adalah sebuah perangkat listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah, atau sebaliknya, dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnetik tanpa mengubah frekuensi. Dengan adanya transformator, energi listrik dapat ditransmisikan dalam jarak yang jauh dengan minimal kerugian daya [13]. Transformator distribusi sendiri digunakan untuk membagi beban listrik secara merata di dalam jaringan distribusi.

B. Beban Lebih

Pembebanan lebih atau *overload* adalah suatu kondisi transformator ketika beban terhubung lebih dari kapasitas normal yang dapat ditampung oleh transformator tersebut [14]. Hal ini menyebabkan arus beban melebihi arus beban penuh yang seharusnya ditangani oleh transformator distribusi. Menurut peraturan SPLN Nomor 50 Tahun 1997, suatu transformator dianggap mengalami *overload* jika pembebanannya mencapai lebih dari 80% dari kapasitasnya [15] [16] [17].

C. Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan atau drop voltage merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman dan tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik. Pada jaringan listrik bolak-balik, besarnya jatuh tegangan dipengaruhi oleh impedansi, panjang saluran, luas penampang, serta beban dan faktor daya [18].

Ketika tegangan diketahui juga dapat menggunakan persamaan per unit. Dalam persamaan per unit, semua besaran listrik tegangan dihasilkan sebagai persentase dari nilai base atau referensi yang ditetapkan.

$$\text{Nilai per unit} = \frac{\text{Nilai Sesungguhnya}}{\text{Nilai Basis}} \times 100 \quad (1)$$

Persamaan (1) merupakan nilai per unit yaitu metode perhitungan yang digunakan dalam analisis sistem tenaga listrik untuk menyederhanakan perhitungan dengan mengacu pada nilai per unit. Dengan nilai sesungguhnya adalah tegangan pada penelitian simulasi ETAP dengan satuan volt, dan nilai basis merupakan SPLN 1:1995 yaitu 231 Volt.

D. Metode Sisip

Metode sisip trafo adalah suatu pendekatan atau teknik yang digunakan dalam mengatasi masalah pembebanan berlebih pada transformator distribusi. Metode sisip melibatkan penambahan transformator sisip pada sistem distribusi untuk membantu menyalurkan beban listrik yang melebihi kapasitas transformator utama [7] [8]. Hal ini membantu mencegah terjadinya pembebanan berlebih pada transformator utama dan menjaga kehandalan jaringan listrik.

Penelitian mengenai permasalahan *overload* pada transformator distribusi dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Metode penelitian yang dilakukan dengan menggunakan perhitungan. Perhitungan dilakukan terhadap pembebanan daya dan jatuh tegangan pada transformator *existing*. Berdasarkan penelitian, hasil pembebanan pada transformator distribusi *existing* jaringan sebelum dilakukan sisip sebesar 124,17%, yang kemudian berkurang setelah dilakukan sisip transformator menjadi 46,6% [15].

Penelitian juga dilakukan dengan menggunakan metode simulasi *software* ETAP. Penggunaan *software* ETAP untuk membandingkan hasil antara perhitungan jatuh tegangan dengan menggunakan *software* simulasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan [19] mengurangi *overload* menggunakan metode sisip transformator didapatkan hasil sebelum sisip telah terjadi *overload* pada trafo *existing* sebesar 95,99%, setelah dilakukan trafo sisip maka pembebanan berkurang menjadi 64,54%. Nilai tegangan juga naik dari 190,5 V menjadi 206,8 V.

Pada peningkatan pembebanan dapat dikurangi menggunakan trafo sisip dalam analisis distribusi transformator menunjukkan bahwa beban transformator mencapai 76,22%, setelah penambahan trafo sisip, beban transformator distribusi berkurang menjadi 57,2%, sementara beban trafo sisip baru mencapai 23,5% [20].

Penelitian pada transformator juga dilakukan untuk mengurangi *overload* pada *uprating* transformator trafo yang beroperasi pembebanan sebesar 82% setelah dilakukan penambahan transformator dengan metode sisip, pembebanan berkurang menjadi 57% dan trafo sisip sebesar 25% [21].

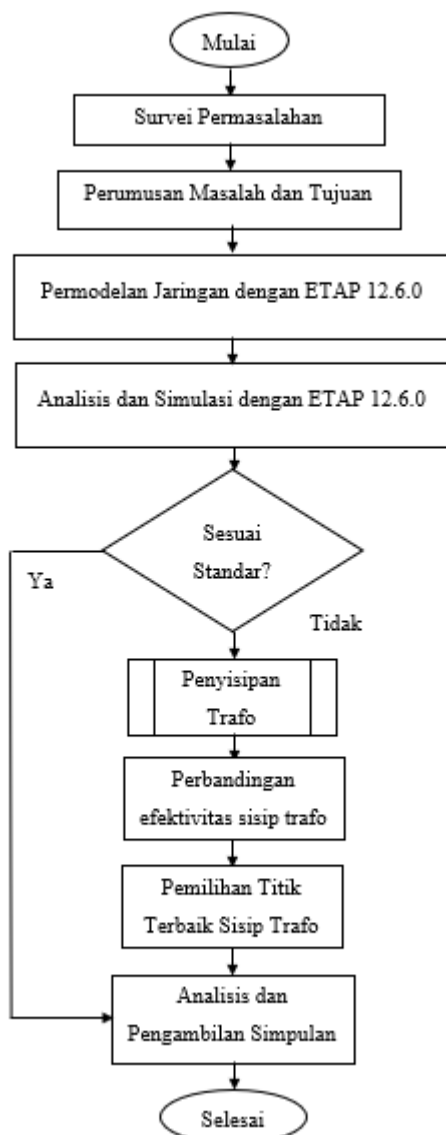
Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui jika metode sisip pada transformator dapat mengurangi pembebanan pada transformator. Penelitian tersebut biasanya berfokus pada penurunan tegangan yang dihasilkan. Namun, untuk menganalisis efektivitas sisip trafo, penting untuk mempertimbangkan lokasi terbaik di mana trafo sisip harus ditempatkan untuk mengurangi penurunan tegangan.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan sisip trafo dengan mempertimbangkan lokasi terbaik yang memperhatikan parameter tegangan dan beban pada trafo. Simulasi perangkat lunak akan digunakan untuk memodelkan dan menganalisis

efek sisip trafo pada jaringan distribusi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan lokasi terbaik trafo sisip yang dapat menghasilkan penurunan penurunan tegangan dan rugi daya yang signifikan, berdasarkan hasil simulasi perangkat lunak. Oleh karena itu, timbul gagasan penelitian yang berjudul “Perbaikan Jaringan Tegangan Rendah Dengan Sisip Trafo Distribusi Fase Tunggal Untuk Mengurangi *Overload* dan Jatuh Tegangan PT PLN (Persero) ULP Yogyakarta Kota”.

III. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di wilayah Jalan Belibis, Wonocatur, Banguntapan, Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi *overload* menggunakan metode sisip transformator yang dianalisis menggunakan simulasi ETAP. Skematik dari penelitian yang dilakukan ditunjukkan melalui Gambar 1.



Gambar 1: Flowchart tahapan penelitian



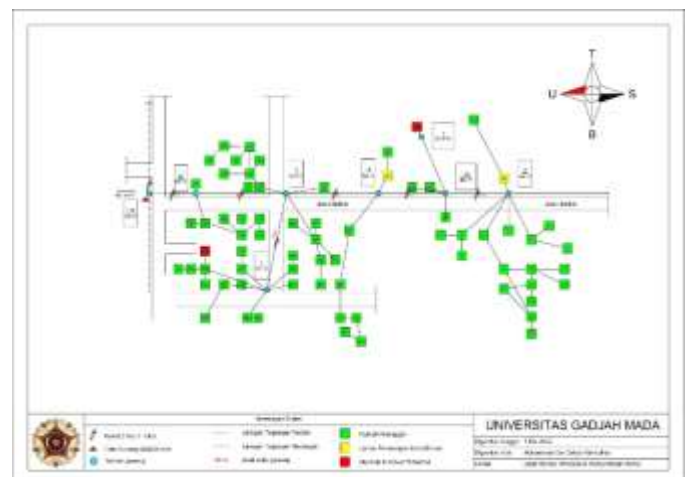
Gambar 2: Flowchart tahapan penelitian ETAP

A. Permodelan Jaringan dengan ETAP

Tahapan penelitian yang dilakukan pada tahapan survey dilakukan yaitu menemukan permasalahan yang terdapat pada wilayah ULP Yogyakarta Kota yaitu *overload* pada transformator jaringan tegangan rendah. Kemudian akan dilakukan batasan masalah karena pembebanan lebih dan tujuan untuk mengatasi permasalahan dengan mengetahui efektivitas dari penempatan lokasi terbaik sisip pada trafo. Hal pertama dalam melakukan simulasi yaitu dengan permodelan jaringan pada ETAP. Pada tahapan ini akan dibuat berdasarkan data yang diperoleh saat observasi pada lapangan. Berikut merupakan data yang digunakan sebagai permodelan jaringan pada ETAP.

a) Single Line Diagram dan Data Pelanggan

Dalam penelitian ini, observasi lapangan dilakukan dengan pengamatan dan pencatatan data-data yang dibutuhkan. Pada gambar 3 merupakan *single line diagram* penyisipan transformator lokasi Jalan Belibis, Wonocatur, Banguntapan, Yogyakarta. Pada gambar terdapat keterangan simbol transformator, rumah pelanggan, tarikan gawang, dan jaringan tegangan pada lokasi sisip.



Gambar 3: Single Line Diagram Lokasi Sisip Trafo

Terdapat 70 pelanggan dengan daya pada masing-masing tiang yang ditunjukkan pada tabel 1.

TABEL I
DATA PELANGGAN JALAN BELIBIS

Tiang	Daya Pelanggan					Tabel Daya (VA)
	450	900	1300	2200	3500	
20/S3-17	2	6	0	0	0	6300
19/S3-17	8	7	0	1	0	12100
1/S3-19	5	6	3	1	0	13750
18/S3-17	1	7	0	0	0	6750
17A/S3-17	0	2	0	1	1	7500
17/S3-17	2	14	3	0	0	17400

b) Spesifikasi Alat dan Penghantar

Transformator existing dengan kapasitas daya 50kVA dengan nomor tiang 17A/U3-30 merupakan transformator yang digunakan sebagai sumber listrik pada wilayah Jalan Belibis, sedangkan transformator sisip memiliki kapasitas 50kVA nomor tiang 1/S3-19 merupakan transformator yang digunakan untuk sisip transformator.

Spesifikasi penghantar tanpa isolasi yang digunakan untuk tegangan nominal 20 kVA. Spesifikasi penghantar yang akan digunakan pekerjaan sisip trafo ditunjukkan pada tabel 2.

TABEL III
DATA SPESIFIKASI PENGHANTAR

Jenis	Tegangan	Luas Penampang	Resistansi (SPLN 64: 1985)
AAAC	20 kV	70 mm ²	0,4608 + j0,3572
Tiang			
		Panjang Saluran	
20/S3-17		52 m	
19/S3-17		50 m	
1/S3-19		50 m	
18/S3-17		53 m	
17A/S3-17		52 m	
17/S3-17		50 m	

B. Analisis Data dan Simulasi ETAP

Adapun pada tahapan ini dilakukan analisis pembebanan pada transformator terdapat batas maksimal 80% dari kapasitas terpasangnya. Ketika transformator memiliki beban yang melebihi batas yang telah ditetapkan maka transformator berkondisi *overload* sesuai dengan tabel III SPLN 17 : 1979 tentang pembebanan.

TABEL IIIII
SPLN 17 : 1979 TENTANG PEMBEBANAN

Parameter	Normal	Waspada	Darurat
Pembebanan	≤ 80%	80% ≤ x ≤ 91%	≥ 91%

Pada dasarnya tegangan tidak akan konstan pada tegangan nominal, melainkan akan berpengaruh pada beban. Berdasarkan tabel IV SPLN 1 : 1995 tersebut diketahui bahwa variasi tegangan ditetapkan pada maksimum +5% dan minimum -10% dari tegangan nominalnya.

TABEL IVV
SPLN 1 : 1995 TENTANG NILAI TEGANGAN

Tegangan Nominal	Variasi Tegangan Pelayanan
230/400	+ 5% , - 10%
400/690	
1000	

C. Penyisipan Trafo

Setelah dilakukan analisis data akan diketahui keadaan transformator masuk ke dalam standar SPLN atau tidak. Jika tidak memenuhi standar pembebanan maka akan dilakukan penyisipan trafo. Pada *flowchart* gambar 2 penelitian ini akan dianalisis setiap lokasi pada tiang pada gambar 3 berdasarkan *single line diagram* untuk mengetahui lokasi optimal transformator dengan nilai jatuh tegangan pada masing-masing tiang.

D. Perbandingan Efektivitas Sisip Trafo dan Pemilihan Titik Terbaik Lokasi

Setelah dilakukan semua simulasi *load flow analysis* pada masing-masing tiang maka didapatkan hasil pembebanan dan jatuh tegangan yang akan dicari hasil yang paling disarankan berdasarkan standar SPLN 17 : 1979 tentang pembebanan transformator dan SPLN 1 : 1995 tentang jatuh tegangan.

Kemudian pada tahapan ini akan ditentukan lokasi terbaik yang menjadi saran dari penelitian melalui simulasi *load flow analysis* ETAP. Pada PT PLN (Persero) mempertimbangkan beberapa faktor ketika memutuskan untuk menambahkan transformator atau sisip transformator. Salah satu faktor yang dipertimbangkan adalah adanya *overload* pada transformator sebelumnya dan juga nilai tegangan pada pelanggan. Dalam tahapan ini, skenario atau tindakan diulang beberapa kali dengan memvariasikan beberapa faktor atau variabel untuk mencari solusi atau hasil yang paling terbaik. Tahapan ini digunakan dalam situasi di mana ada banyak kemungkinan solusi atau kombinasi. Pada penelitian ini titik pemilihan tiang dilakukan akan dianalisis setiap lokasi pada tiang yang ada dilokasi pada gambar 3 berdasarkan *single line diagram* untuk mengetahui lokasi optimal transformator dengan pertimbangan nilai pembebanan dan nilai tegangan pada masing-masing tiang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

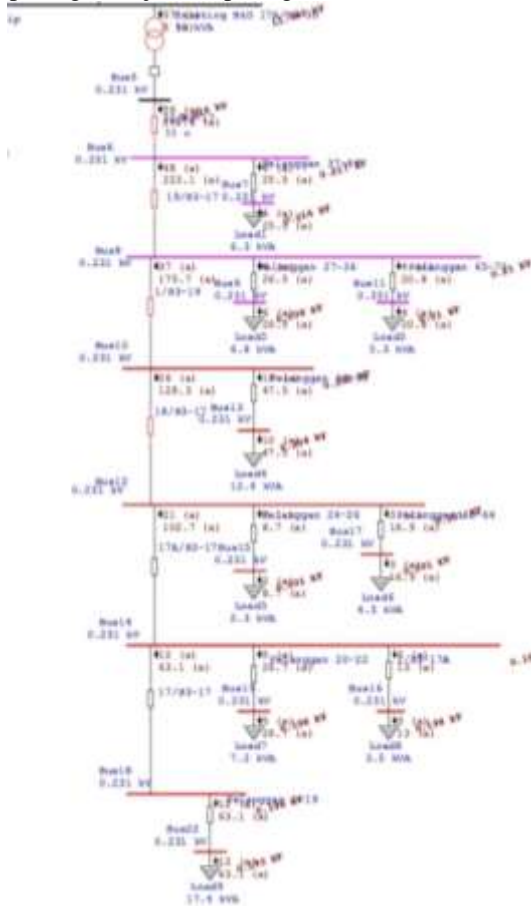
A. Simulasi ETAP

Untuk mengetahui lokasi optimal dalam upaya menurunkan persentase pembebanan transformator pada transformator existing yang mengalami *overload*, maka dilakukan uji coba melalui tahap simulasi melalui semua tiang. Setiap tahap pengujian, dilakukan analisis, selanjutnya hasil simulasi dibandingkan untuk mengetahui kondisi pembebanan dan nilai tegangan transformator. Hasil dari perbandingan semua simulasi tiang ini yang dijadikan tolak ukur dalam penentuan metode paling efektif untuk mengatasi permasalahan trafo *overload* dengan mempertimbangkan pembebanan dan nilai tegangan.

1) Kondisi Sebelum Sisip

Kondisi sebelum sisip merupakan kondisi awal pada situasi di mana trafo sedang mengalami *overload* pada titik awal

pemakaian beban yang melebihi kapasitas dari transformator yang terpasang ditunjukkan pada gambar 4.

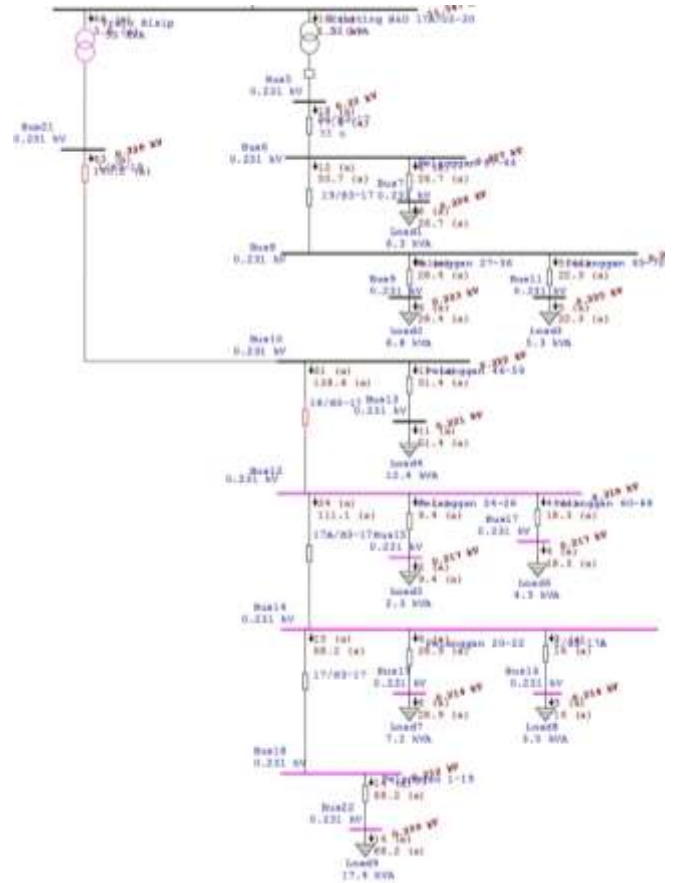


Gambar 4: Kondisi Sebelum Sisip

Dari simulasi tersebut kemudian diketahui jika transformator existing mengalami *overload*. Kondisi *overload* tersebut dapat diketahui melalui simbol trafo pada gambar 4 yang berwarna merah. Adapun keterangan pada gambar busbar berwarna merah yang mengindikasikan bahwa bus tersebut mengalami kondisi *under voltage*.

2) Kondisi Sesudah Sisip Pada Lapangan tiang 1/S3-19

Pada kondisi ini merupakan trafo sisip yang telah dipasang pada pekerjaan lapangan nomer tiang 1/S3-19 yang ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 5: Kondisi Setelah Sisip Lapangan

Dari gambar 5 terlihat jika kondisi tersebut dapat diketahui jika transformator sudah tidak berwarna merah atau mengalami *overload*, akan tetapi berwarna ungu yang menunjukkan masih mendekati batas standar SPLN 17 : 1979. Pada beberapa busbar juga masih berwarna ungu menandakan keadaan akan mendekati *under voltage*. Oleh karena itu akan dilakukan perbandingan simulasi pada setiap tiang yang ada untuk di analisis lokasi yang optimal untuk penempatan transformator sisip.

3) Perbandingan Simulasi

Dari simulasi pada ETAP dibandingkan hasil sebelum sisip dengan simulasi setelah sisip pada lapangan tiang 1/S3-19 melalui tabel V.

TABEL V

Sisip Tiang Nilai Tegangan	Sebelum Sisip	Setelah 1/S3-19
	Pelanggan 37-44	0,94 p.u.
Pelanggan 27-36	0,90 p.u.	0,97 p.u.
Pelanggan 65-70	0,91 p.u.	0,98 p.u.
Pelanggan 46-59	0,89 p.u.	0,96 p.u.
Pelanggan 24-26	0,88 p.u.	0,94 p.u.

HASIL PERBANDINGAN SIMULASI



Pelanggan 60-64	0,87 p.u.	0,94 p.u.
Pelanggan 20-22	0,86 p.u.	0,93 p.u.
Pelanggan 1-19	0,84 p.u.	0,91 p.u.
Keterangan Loading		
Trafo Existing	112,5%	35,6%
Trafo Sisip	0	86,6%

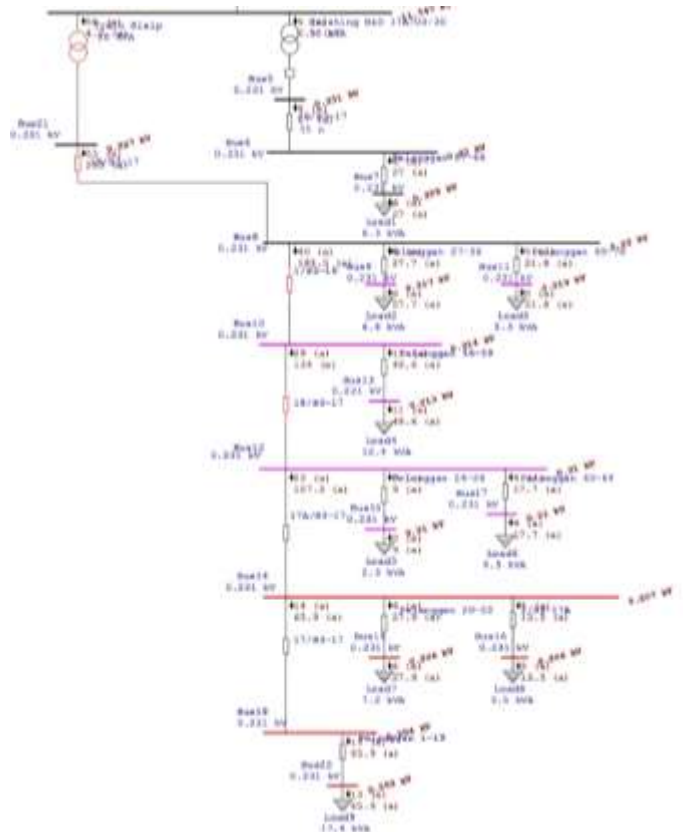
Pada kenyataannya penyisipan trafo pada tiang 1/S3-19 telah memenuhi standar pembebanan SPLN 17 : 1979 dengan pembagian dari trafo existing yang semula 112,5% menjadi 35,6% akan tetapi pada trafo sisip masih dalam keadaan waspada (*overload*) dengan pembebanan beroperasi sebesar 86,6%. Selain itu, besarnya penurunan tegangan pada jaringan distribusi juga menjadi pertimbangan SPLN No.1 tahun 1995, penurunan tegangan minimum harus dijaga di bawah 10% dari tegangan nominal. Dapat terlihat dari sebelum sisip pada pelanggan ujung nomor 1-19 mengalami drop tegangan sebesar 0,84 p.u. yang kemudian naik menjadi 0,91 p.u. setelah dilakukan sisip transformator.

B. Penentuan Lokasi Terbaik

Pada kenyataannya penyisipan trafo pada tiang 1/S3-19 telah memenuhi standar pembebanan SPLN 17 : 1979. Selain itu, besarnya penurunan tegangan pada jaringan distribusi juga menjadi pertimbangan SPLN No.1 tahun 1995, penurunan tegangan minimum harus dijaga di bawah 10% dari tegangan nominal. Dalam penentuan titik terbaik peletakan transformator sisip, perlu dilakukan analisis yang diperhitungkan untuk memastikan efisiensi dan kinerja yang terbaik dalam jaringan distribusi listrik. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dianalisis setiap lokasi pada tiang pada gambar 3. berdasarkan *single line diagram* untuk mengetahui lokasi terbaik transformator dengan nilai jatuh tegangan pada masing-masing tiang.

1) Tiang 19/S3-17

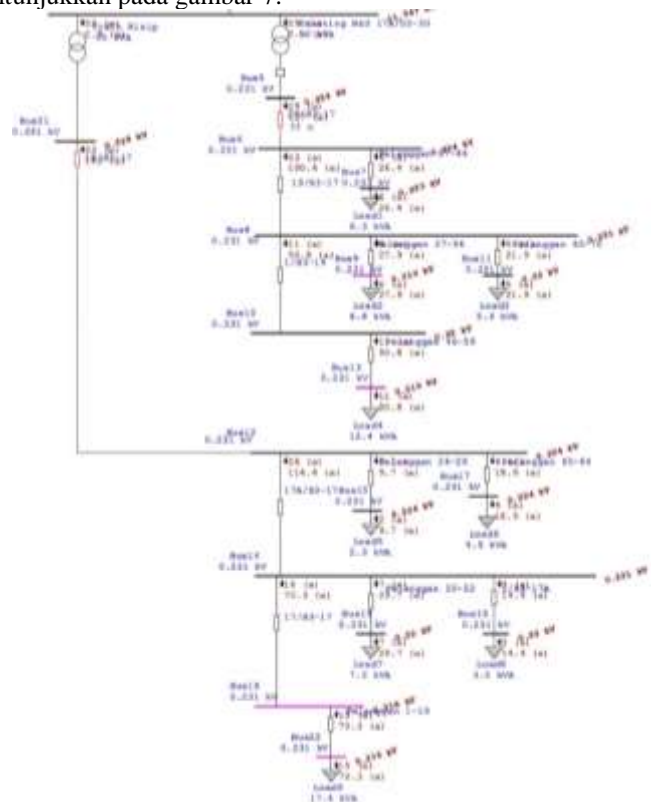
Pemasangan sisip trafo satu fase merek SINTRA 50 kVA diletakkan pada tiang 19/S3-17. Hasil dari simulasinya ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6: Kondisi Setelah Sisip Pada Tiang 19/S3-17

2) Tiang 18/S3-17

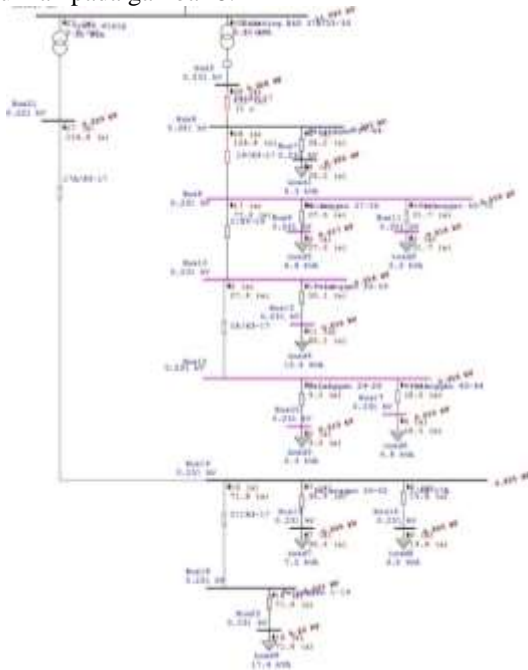
Pemasangan sisip trafo satu fase merek SINTRA 50 kVA diletakkan pada tiang 18/S3-17. Hasil dari simulasinya ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7: Kondisi Setelah Sisip Pada Tiang 18/S3-17

3) *Tiang 17A/S3-17*

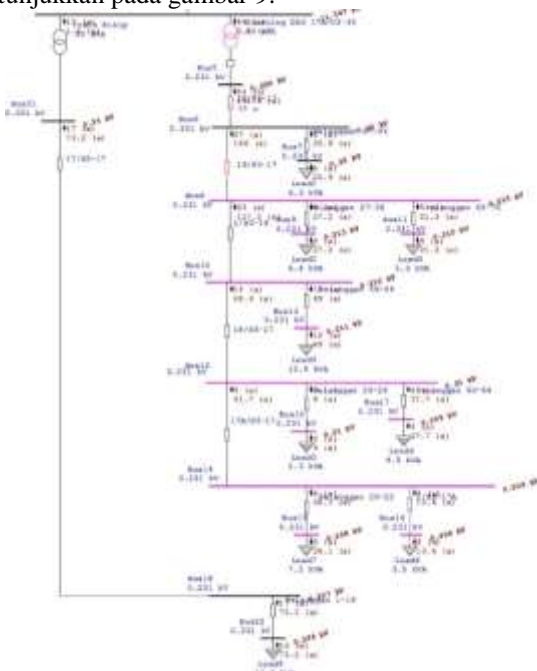
Pemasangan sisip trafo satu fase merek SINTRA 50 kVA diletakkan pada tiang 17A/S3-17. Hasil dari simulasinya ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8: Kondisi Setelah Sisip Pada Tiang 17A/S3-17

4) *Tiang 17/S3-17*

Pemasangan sisip trafo satu fase merek SINTRA 50 kVA diletakkan pada tiang 17/S3-17. Hasil dari simulasinya ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9: Kondisi Sebelum Sisip

5) *Perbandingan Hasil Simulasi*

Setelah dilakukan semua simulasi *load flow analysis* pada masing-masing tiang maka akan dicari hasil yang paling disarankan berdasarkan standar yang SPLN 17 : 1979 pembebanan transformator dan SPLN 1 : 1995 jatuh tegangan.

TABEL VI
 HASIL PERBANDINGAN SIMULASI

Sisip Tiang	Sebelum Sisip	19/S3-17	1/S3-19
Nilai Tegangan			
Pelanggan 37-44	0,94 p.u.	0,99 p.u.	0,98 p.u.
Pelanggan 27-36	0,90 p.u.	0,95 p.u.	0,97 p.u.
Pelanggan 65-70	0,91 p.u.	0,95 p.u.	0,98 p.u.
Pelanggan 46-59	0,89 p.u.	0,93 p.u.	0,96 p.u.
Pelanggan 24-26	0,88 p.u.	0,91 p.u.	0,94 p.u.
Pelanggan 60-64	0,87 p.u.	0,90 p.u.	0,94 p.u.
Pelanggan 20-22	0,86 p.u.	0,89 p.u.	0,93 p.u.
Pelanggan 1-19	0,84 p.u.	0,87 p.u.	0,91 p.u.
Nilai rata-rata	0,87 p.u.	0,92 p.u.	0,95 p.u.
Nilai Jatuh Tegangan Terendah	0,84 p.u.	0,87 p.u.	0,91 p.u.
Keterangan Loading			
Trafo Existing	112,5%	12,5%	35,6%
Trafo Sisip	0	105,6%	86,6%

TABEL VI (LANJUTAN)
 HASIL PERBANDINGAN SIMULASI

Sisip Tiang	18/S3-17	17A/S3-17	17/S3-17
Nilai Tegangan			
Pelanggan 37-44	0,97 p.u.	0,96 p.u.	0,96 p.u.
Pelanggan 27-36	0,95 p.u.	0,94 p.u.	0,93 p.u.
Pelanggan 65-70	0,96 p.u.	0,95 p.u.	0,93 p.u.
Pelanggan 46-59	0,95 p.u.	0,94 p.u.	0,92 p.u.
Pelanggan 24-26	0,98 p.u.	0,93 p.u.	0,91 p.u.
Pelanggan 60-64	0,98 p.u.	0,93 p.u.	0,91 p.u.
Pelanggan 20-22	0,96 p.u.	0,98 p.u.	0,90 p.u.
Pelanggan 1-19	0,94 p.u.	0,96 p.u.	0,98 p.u.
Nilai rata-rata	0,96 p.u.	0,95 p.u.	0,93 p.u.
Nilai Jatuh Tegangan Terendah	0,94 p.u.	0,93 p.u.	0,90 p.u.
Keterangan Loading			
Trafo Existing	58,1%	69,9%	87,3%
Trafo Sisip	65,3%	53,5%	33,6%



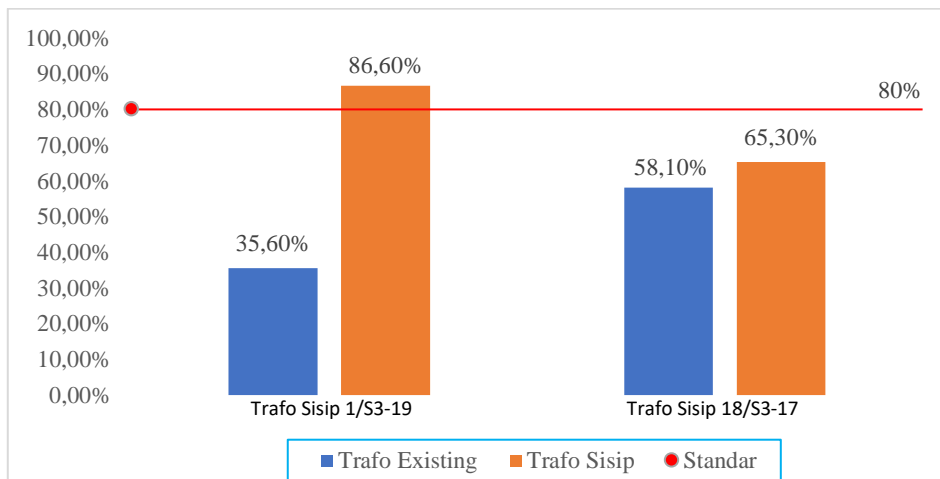
Berdasarkan tabel VI penyisipan tiang pada 18/S3-17 merupakan lokasi tiang yang paling optimal berdasarkan loading yang terdapat pada trafo *existing* sebesar 58,1% dan trafo sisip sebesar 65,3%, dan juga pada tiang 17A/S3-17 yaitu pada trafo *existing* sebesar 69,9% dan trafo sisip sebesar 53,5%. Selain faktor pembebanan pada transformator, terdapat jatuh tegangan yang harus diperhatikan sebagai pertimbangan sisip transformator. Pada tiang 18/S3-17 juga memiliki nilai rata-rata dan jatuh tegangan paling baik yaitu 0,96 p.u. dan 0,94 p.u. Maka dapat disimpulkan jika penyisipan transformator pada tiang 18/S3-17 adalah merupakan lokasi yang paling optimal berdasarkan simulasi *load flow analysis* dengan memperhatikan pembebanan transformator dan juga jatuh tegangan pada pelanggan.

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil pembebanan dari nilai pembebanan pada lapangan yaitu tiang 1/S3-19, dan lokasi terbaik yaitu 18/S3-17 ditunjukkan pada gambar 11

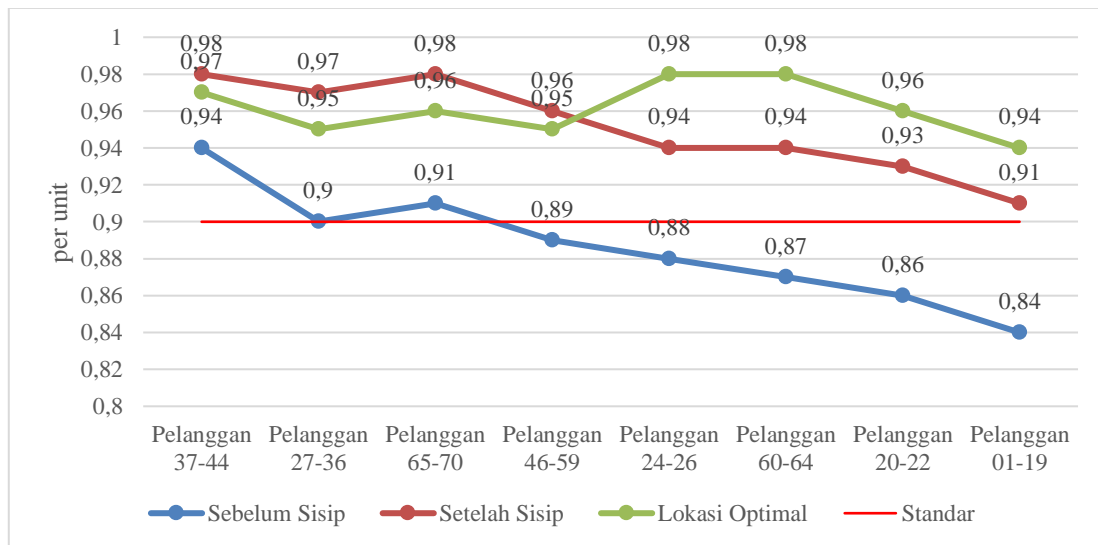
Berdasarkan gambar 10 didapatkan nilai pembebanan pada transformator *existing* akan menurun pada semua kondisi yaitu pada lapangan sebesar 35,6% dan pada lokasi optimal 58,1%. Akan tetapi yang menjadi pertimbangan lain yaitu pada trafo sisip pada lapangan akan mengalami kondisi *overload* yaitu sebesar 86,6%. Hal tersebut berbanding terbalik jika lokasi sisip transformator dilakukan pada lokasi terbaik yaitu pada tiang 18/S3-17 yaitu sebesar 65,3%. Oleh karena itu penentuan lokasi terbaik akan dapat menurunkan nilai *overload* dengan pembagian beban secara lebih merata.

Pada dasarnya tegangan tidak akan konstan pada tegangan nominal, melainkan akan berpengaruh pada beban. Berdasarkan SPLN 1: 1995 tentang nilai tegangan diketahui bahwa variasi tegangan ditetapkan pada maksimum +5% dan minimum -10% dari tegangan nominalnya.

Adapun perbandingan dari nilai tegangan sebelum sisip, pada lapangan yaitu tiang 1/S3-19, dan lokasi terbaik yaitu 18/S3-17 ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 10: Perbandingan Pembebanan Tiang 1/S3-19 Dan 18/S3-17



Gambar 11: Perbandingan Nilai Tegangan Pada Pelanggan

Gambar 11 merupakan perbandingan nilai tegangan pelanggan dari sebelum sisip *existing* B&D 17A/U3-30, setelah sisip tiang 1/S3-19 pada lapangan, dan pada lokasi terbaik tiang 18/S3-17. Kondisi sebelum sisip dapat dilihat grafik akan menurun hingga pada ujung pelanggan nomor satu hingga 19, dan nilai jatuh tegangan telah melewati batas standar SPLN 1 : 1995 yaitu sebesar 0,84 p.u.

Pada kondisi setelah sisip tiang 1/S3-19 nilai tegangan pada pangkal pelanggan nomor 37-44 naik menjadi 0,98 p.u. hingga grafik menurun ke ujung pelanggan nomor satu hingga 19 menjadi 0,91 p.u. Sedangkan pada lokasi optimal yang disarankan dapat menaikkan nilai tegangan pada ujung pelanggan yaitu menjadi 0,94 p.u. Maka dapat disimpulkan jika penyisipan trafo telah menaikkan nilai tegangan pada pelanggan, dan dapat disarankan untuk mendapatkan nilai tegangan paling baik dapat menggunakan lokasi terbaik yaitu pada tiang 18/S3-17.

V. KESIMPULAN

Pada kondisi awal transformator *existing* B&D 50 kVA yang terpasang pada tiang 17A/U3-30 wilayah Jalan Belibis, Wonocatur, Banguntapan, Yogyakarta dalam kondisi *overload* yaitu beroperasi sebesar 112,5% mengakibatkan nilai tegangan pada ujung pelanggan sebesar 0,84 p.u. Kemudian setelah dilakukan transformator sisip pada lapangan yaitu tiang 1/S3-19 dapat memperbaiki nilai tegangan pada ujung pelanggan sebesar 0,91 p.u tetapi, masih memiliki nilai pembebanan di atas standar pada transformator sisip sebesar 86,6% dan trafo *existing* sebesar 35,60%. Oleh karena itu penentuan lokasi terbaik yaitu tiang 18/S3-17 berdasarkan nilai tegangan paling baik pada ujung pelanggan 0,94 p.u. dengan transformator *existing* dalam kondisi normal dengan 58,1% pembebanan, dan pada transformator sisip beroperasi sebesar 65,3%.

REFERENSI

- [1] G. W. Kurniawan, I. G. A. P. R. Agung and P. Rahardjo, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Panel Surya Berbasis Internet of Things," *MITE (Majalah Ilmiah Teknologi Elektro)*, vol. 22, pp. 133-140, 2023.
- [2] A. T. M. Nugraha, Sutisna, A. Andang and M. A. Risnandar, "Analisis Penyeimbangan Beban Pada Transformator Di Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi," *Journal Of Energy And Electrical Engineering (JEEE)*, vol. 3, p. 1, 2022..
- [3] A. L. Febrianingrum and S. Pramono, "SAIFI untuk Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik pada Jaringan Transmisi Menengah 20 KV," *MITE (Majalah Ilmiah Teknologi Elektro)*, vol. 21, pp. 1-6, 2022.
- [4] M. T. d. M. T. A. AR, "Studi Manajemen Trafo PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, pp. 344-350, 2022..
- [5] R. A. d. Fretes, "Analisis Penyebab Kerusakan Transformator Menggunakan Metode RCA (Fishbone Diagram And 5-Why Analysis) DI PT. PLN (PERSERO) Kantor Pelayanan Kiandarat," *ARIKA*, vol. 16, pp. 118-124, 2022.
- [6] I. N. A. a. P. Sutawinaya, "Meningkatkan kinerja gardu distribusi SK76 Penyulang Sukasada dalam menangani overblast menggunakan simulasi perangkat lunak ETAP," *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*, vol. 3, pp. 1-7, 2022.
- [7] D. E. Putra, Y. Riswanto and A. Komaini, "Investigasi Overload Transformator Distribusi 20 kV Di Unit Layanan Pelanggan Pangkalan

- Balai PT. PLN (Persero)," *Seminar Nasional AVoER XIII*, pp. 378-383, 2021.
- [8] S. Wahyul, Asmar, Z. Zainuddin and Suryani, "Analisis Pengaruh Perubahan Beban Listrik Terhadap Transformator Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Indonesia Power UJP PLTU Barru," *Vertex Elektro*, vol. 13, pp. 35-42, 2021.
- [9] P. A. a. A. Y. Jeckson, "Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Gardu K622 Penyulang Pelangi PT PLN (Persero) ULP Karang," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 4, pp. 10-12, 2022.
- [10] M. R. Setyanto and Y. Saragih, "Gangguan Penyulang Akibat Kegagalan Proteksi di Circuit Breaker Output Pelanggan Pada Gardu Distribusi MP 244," *MITE (Majalah Ilmiah Teknologi Elektro)*, vol. 22, pp. 111-116, 2023.
- [11] S. S. Wibowo, "Analisa Sistem Tenaga," *UPT Percetakan dan Penerbitan Polinema*, vol. 1, 2018.
- [12] D. N. B. S. D. A. Maulana, "Analisa Susut Daya dan Drop Tegangan Terhadap Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Pada Gardu Induk Pandean Lamper Semarang," *KIMU Konferensi Ilmiah Siswa Unissula*, vol. 2, pp. 382-389, 2019.
- [13] E. P. d. I. Lestari, "Maintenance Preventive Pada Transformator Step-Down AV05 Dengan Kapasitas 150kV Di PT. KRAKATAU DAYA LISTRIK," *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP*, vol. 3, pp. 485-493, 2020.
- [14] S. a. H. B. Samsurizal, "Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya di PT. PLN(Persero) UP3 Pondok Gede," *KILAT*, vol. 9, pp. 136-142, 2020.
- [15] A. T. Pebrisasvian dan S. Karim, "Analisa Sisip Transformator Distribusi Terhadap Perbaikan Overload Dan Tegangan Ujung Gardu BNS-0126 Di PT Pln (Persero) Up3 Barabai," *EEICT*, vol. 4, pp. 17-22, 2021.
- [16] I. M. A. Nugraha and I. G. M. N. Desnanjay, "Penempatan Dan Pemilihan Kapasitas Transformator Distribusi Secara Optimal Pada Penyulang Perumnas," *JURNAL RESISTOR*, vol. 4, pp. 33-44, 2021.
- [17] K. .. W. W. I. W. A. & S. I. N. Widiatmika, "Analisis Penambahan Transformator Sisipan Untuk Mengatasi Overload Pada Transformator DB0244 di Penyulang Sebelanga," *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 5, pp. 19-25, 2018.
- [18] H. Saadat, *Power System Analysis*, New York: McGraw-Hill, 1999.
- [19] M. A. d. A. P. P. Harahap, "Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 Kv Mengurangi Beban Overload Dan Jatuh Tegangan Pada Trafo BI 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etab 12.6.0," *RELE (Rekayasa ELEktrikal dan Energi) Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, pp. 62-69, 2019.
- [20] S. S. Wibowo, "Analisa Sistem Tenaga," *UPT Percetakan dan Penerbitan Polinema*, vol. 1, 2018.
- [21] Suprianto, "Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu," *Journal of Electrical Technology*, vol. 3, pp. 64-72, 2018.



{Halaman ini sengaja dikosongkan}