



Analisis Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Drop Voltage Pada PT. PLN (Persero) Distribusi Lamongan Menggunakan Software Etap 19.0

Ali Mahfud Shodar

Universitas Negeri Surabaya

Abstract. *The need for electrical energy from year to year influences the need for electrical energy at every level of the general public and industry as electricity users. Because electricity has become a part of life (Roza, 2019). In this case, there are separate challenges that must be faced by every company operating in the electricity supply sector, especially the State Electricity Company (PLN), which is the sole company in serving electrical energy needs. The power generation centers are far from the load center, this results in quite large losses in the distribution of electric power. So, when distributing electrical power through transmission and distribution, voltage drops will occur along the line. The length of the distribution channel from the substation to the distribution transformer or from the distribution transformer to the load (Roza, 2019).*

Keywords: *Distribution Transformer, Drop Voltage at PT. PLN (Persero), Software Etap 19.0*

Abstrak. Kebutuhan tenaga listrik dari tahun ke tahun berpengaruh kebutuhan energy listrik kepada setiap lapisan kalangan masyarakat umum ataupun industri sebagai penikmat kelistrikan. Karena listrik sudah menjadi bagian dalam kehidupan (Roza, 2019). Dalam hal ini tantangan tersendiri yang harus dihadapi oleh setiap perusahaan yang bergerak di bidang penyedia kelistrikan khususnya kepada Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang menjadi perusahaan tunggal dalam melayani kebutuhan energi listrik. Pusat-pusat pembangkit listrik berada jauh dari pusat beban, hal ini mengakibatkan kerugian yang cukup besar dalam penyaluran daya listrik. Sehingga dalam penyaluran daya listrik melalui transmisi maupun distribusi akan mengalami tegangan jatuh sepanjang saluran yang dilalui. Panjang saluran distribusi dari gardu induk menuju transformator distribusi maupun dari transformator distribusi ke beban (Roza, 2019).

Kata kunci: Transformator Distribusi, Drop Voltage Pada PT. PLN (Persero), Software Etap 19.0

LATAR BELAKANG

Dalam jaringan distribusi spindel, merupakan saluran utama yang menghubungkan berbagai sub-jaringan atau kawasan. Jaringan ini dirancang untuk memberikan keandalan tinggi dan memfasilitasi distribusi listrik dengan efisien. Jaringan distribusi spindel merupakan contoh desain jaringan yang lebih canggih dan kompleks, dirancang untuk memenuhi kebutuhan pasokan listrik yang rumit dan besar. Desain ini melibatkan analisis matang serta penggunaan teknologi kontrol dan pemantauan yang modern untuk memastikan keandalan dan efisiensi yang optimal (Rizki, 2021).

Jatuh tegangan (*drop voltage*) adalah perbedaan tegangan antara titik awal dan akhir dari suatu rangkaian listrik, yang terjadi akibat dari resistansi kabel dan komponen lainnya dalam rangkaian tersebut. Jatuh tegangan dapat menyebabkan berkurangnya kinerja sistem listrik dan merugikan dalam pengoperasian peralatan listrik (Tian et al., 2021), jatuh tegangan (*drop voltage*) sering sekali terjadi pada sistem jaringan listrik di berbagai daerah karena terjadinya penambahan beban yang tersambung. Untuk memberikan pelayanan yang baik dan agar tidak menimbulkan kerugian pada konsumen,

Perusahaan Listrik Negara (PLN) harus menjaga kualitas tegangan pada jaringan. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya-upaya agar jaringan distribusi selalu dalam kondisi baik. Menurut, (Safitri, 2020). Menurut (Kurniawan et al., 2022), adalah perbedaan tegangan antara titik awal dan akhir dari suatu rangkaian listrik, yang terjadi akibat dari resistansi kabel dan komponen lainnya dalam rangkaian tersebut. Jatuh tegangan dapat menyebabkan berkurangnya kinerja sistem listrik dan merugikan dalam pengoperasian peralatan listrik upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki profil tegangan pada jaringan distribusi yaitu pemasangan transformator baru (sisip transformator).

ETAP (Electrical Transient Analysis Program) adalah perangkat lunak analisis komprehensif yang digunakan untuk merancang dan menguji sistem tenaga listrik (Rahman et al., 2021). Aplikasi ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan sebuah program yang mendukung sistem tenaga listrik. ETAP sendiri dapat menganalisa aliran daya beban, hubung singkat, koordinasi, dll (Gashi et al., 2022). dalam bidang sistem tenaga listrik, ETAP juga bisa menganalisa koordinasi relay, jatuh tegangan, hubung singkat bahkan aliran daya. Untuk menganalisa akibat gangguan maka diperlukan simulasi menggunakan software ETAP untuk memudahkan dalam melakukan simulasi (Rahman et al., 2021)

KAJIAN TEORITIS

Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi adalah system jaringan listrik yang mengirimkan listrik dari gardu induk atau sub-stasi ke pelanggan akhir seperti rumah, system, system y, dan sebagainya. Jaringan distribusi dapat terdiri dari berbagai jenis kabel dan peralatan seperti transformator, kabel listrik, jaringan tegangan rendah, dan lain-lain (Wong et al., 2019), Sistem distribusi merupakan bagian dari system tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit sampai ke konsumen. (Ehsan & Yang, 2019).

Gardu Distribusi

Pengertian umum gardu distribusi tenaga listrik yang paling dikenal adalah suatu bangunan gardu listrik yang terdiri dari instalasi perlengkapan hubung bagi tegangan menengah (PHB-TM), transformator distribusi dan perlengkapan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR). Konstruksi gardu distribusi dirancang berdasarkan optimalisasi biaya terhadap maksud dan tujuan penggunaannya yang kadang kala harus disesuaikan dengan peraturan pemerintah daerah setempat (Anteneh, 2019).

Transformator

Transformator atau biasa disebut trafo merupakan alat yang dapat memindahkan tenaga listrik antar dua rangkaian listrik melalui induksi elektromagnetik. Dengan kata lain, transformator dapat menaikkan atau menurunkan tegangan listrik. Transformator merupakan alat yang memegang peranan penting dalam sistem distribusi. Penentuan untuk pemilihan dan lokasi transformator sangatlah penting dalam meningkatkan kualitas distribusi energi listrik. Transformator yang paling umum digunakan di Indonesia adalah transformator step-down dengan tegangan 20kV/400V (Murugan & Ramasamy, 2019).

Penempatan Transformator Distribusi

Penempatan transformator distribusi yang tepat ialah penempatan yang dapat memberikan keandalan dan kontinuitas pelayanan yang baik terhadap konsumen serta dapat menanggulangi tegangan jatuh. Bila jarak transformator terlalu jauh terhadap konsumen, maka akan menyebabkan tegangan jatuh yang besar. Tegangan jatuh adalah perbedaan tegangan antara tegangan sumber dengan tegangan pada beban yang diakibatkan oleh adanya perubahan arus beban, impedansi saluran serta faktor daya (Nugraha & Desnanjaya, 2021)

Penentuan Kapasitas Beban Transformator

Faktor beban merupakan salah satu faktor penentu karakteristik beban yang diperoleh dari perbandingan antara beban rata-rata dengan beban puncak dalam periode waktu tertentu. Konsumsi listrik pada sektor rumah tangga mengalami peningkatan secara fluktuatif karena lebih dominan pada malam hari. Maka dari itu, penulis ingin menganalisis dan mengklusterisasi nilai faktor beban pelanggan pada sektor rumah tangga di wilayah ULP Pedan serta mengetahui kapasitas trafo yang terpasang berdasarkan faktor beban yang telah dihitung. Analisa nilai faktor beban yang telah didapatkan akan dianalisa menggunakan metode algoritma K-means clustering. Metode K-means clustering digunakan untuk mengklasifikasikan faktor beban yang telah dihitung menjadi beberapa cluster. Metode k-means clustering adalah proses pengelompokan suatu objek atau data ke dalam kelompok kluster berdasarkan persamaan karakteristik yang dimiliki, dimana kelompok kluster diwakili oleh variable K. Penentuan kluster menggunakan titik pusat atau centroid (Wati, 2019).

Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu peralatan. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besar

jatuh tegangan dapat dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran volt. PT. PLN (Persero) mengatur standar jatuh tegangan yang diperbolehkan dalam SPLN No. 72 tahun 1987, yaitu kurang 5% dan lebih 10% pada jaringan tegangan rendah (JTR) sedangkan pada jaringan tegangan menengah (JTM) adalah kurang 5% dan lebih 5% (Tiro & L, 2019).

Software Etap (Electric Transient And Analysis Program)

Aplikasi ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan sebuah program yang mendukung sistem tenaga listrik (Gashi et al., 2022) Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (Single line diagram) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay proteksi dan system harmonisasi (Rahman et al., 2021) Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk mendapatkan data dan melakukan pengamatan pada objek untuk mengumpulkan data-data yang disajikan data pengukuran angka- angka untuk keperluan analisis data dalam penelitian. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, peneliti mengumpulkan data- data yang kemudian diolah menggunakan software.

Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI LAMONGAN

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data

Berikut ini adalah data yang diperlukan untuk analisis ini:

Tabel 1.1 Data Transformator

Gardu Induk	Data Transformator			
	Unit	Daya (MVA)	Teg. Sec. (kV)	In (A)
Lamongan	I	50	20	1443

Untuk penelitian ini, gardu distribusi Lamongan memiliki tiga jenis trafo tenaga, masing-masing berkapasitas 60 MVA, dengan tegangan kerja 150/20 kV. Trafo dua memiliki lima penyulang, sehingga relay harus disetel dengan baik untuk melindungi peralatan listrik lainnya dari arus gangguan hubungan singkat dan beban yang lebih besar.

Menurut data yang dikumpulkan, penyulang hanya menggunakan jenis kabel XLPE 210 mm², dengan panjang penyulang 5,309 km dan panjang penghantar XLPE 210 mm² 5,309 km.

Untuk XLPE 210, $Z_1 = Z_2 = (0,118 + j0,095) \Omega/\text{km} \times 5,309 = 0,624 = j0, 504 \text{ Ohm}$, dan $Z_0 = (0,255 + j0,024) \Omega/\text{km} \times 5,309 = 1,354 = j0,127 \text{ Ohm}$.

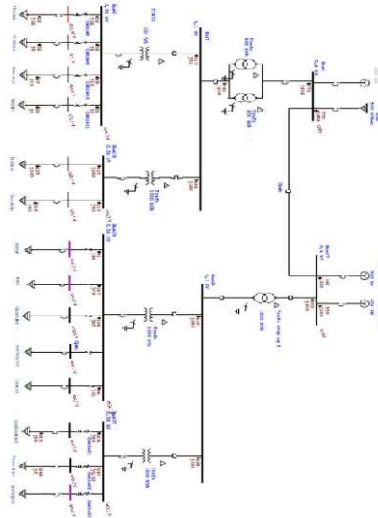
Tabel 1.2 Data Saluran Penyulangan

No	Gardu Induk	Trafo Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Trafo (MVA)	Panjang Saluran (km)	Jenis Penghantar	Impedansi Saluran Z ₁ (Ohm)	Impedansi Saluran Z ₀ (Ohm)
1.	Lamongan	150/20	60	5.309	XLPE 210 mm ²	0.624+j0.504	1.354 + j0.127

Pada hasil simulasi menggunakan ETAP Power Station seperti yang terlihat pada Tabel 1.2, terdapat tiga jenis komponen yang ditandai dengan warna berbeda. Arti dari masing-masing warna adalah sebagai berikut:

1. Warna Merah: Komponen yang ditandai dengan warna merah menunjukkan tegangan pada komponen tersebut berada dalam kondisi kritis. Hal ini menandakan bahwa tegangan pada komponen tersebut berada di luar batas aman atau tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Dalam kondisi ini, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut dan tindakan perbaikan agar tegangan dapat berada dalam batas toleransi yang aman.
2. Warna Ungu: Komponen yang ditandai dengan warna ungu menunjukkan tegangan pada komponen tersebut berada dalam kondisi marginal. Artinya, tegangan pada komponen tersebut melebihi kapasitas yang seharusnya, namun masih berada dalam batas toleransi yang ditentukan. Meskipun masih dalam batas toleransi, tetapi kondisi ini perlu diawasi karena dapat berpotensi menyebabkan masalah jika beban bertambah atau kondisi sistem berubah.
3. Warna Hitam: Komponen yang ditandai dengan warna hitam menunjukkan tegangan pada komponen tersebut berada dalam kategori aman atau sesuai dengan standar. Warna hitam menunjukkan bahwa tegangan pada komponen ini berada dalam batas toleransi yang telah

ditentukan dan berada dalam kondisi yang aman.



Gambar 1. Hasil Simulasi Jaringan Eksisting Gardu induk lamongan Menggunakan ETAP Power Station

Untuk menghitung presentase tegangan kirim dan diterima, gunakan perhitungan jatuh tegangan berikut. Setelah membuat SLD, tegangan kirim diperkirakan 20 kV dan 400 Volt. Kemudian, tegangan terima diperoleh dari hasil simulasi, dimasukkan data dari observasi, dan kemudian dimulai. Untuk menghitung presentase jatuh tegangan pada jaringan, rumus berikut digunakan:

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus di atas maka diperoleh hasil presentase jatuh tegangan yang terjadi seperti yang ditampilkan pada tabel.

No	Nama	Tegangan (kV)	Jatuh Tegangan (kV)	Tegangan Setelah Jatuh Tegangan (kV)
1	B1	476,3	23,9	452,48
2	B2	476,3	35,3	471
3	B3	476,3	6,7	469,6
4	B4	476,3	4,8	471,5
5	B5	476,3	7,6	468,7
6	B6	476,3	5,9	470,4
7	B7	453,2	10,5	442,7
8	B8	453,2	8,4	444,8
9	B9	453,2	4,6	448,6
10	B10	453,2	4,1	449,1
11	B11	453,2	6,5	446,7
12	B12	453,2	3,7	449,5
13	B13	453,2	4,5	448,7
14	B14	453,2	9,1	444,1

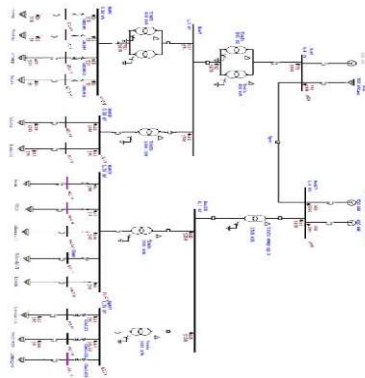
Tabel 1.3. Tegangan Hasil Simulasi ETAP Power Station dan Presentase Jatuh Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah Penyulang pada Gambar 1

No	Nama	Tegangan Hasil Simulasi (kV)	Presentase Jatuh Tegangan (%)
1	B1	452,48	5 %
2	B2	471	1,1%
3	B3	469,6	1%
4	B4	471,5	1,1%
5	B5	468,7	0,8%
6	B6	470,4	1%
7	B7	442,7	2,3%
8	B8	441,8	2,5 %
9	B9	448,6	1%
10	B10	449,1	0,9%
11	B11	446,7	1,1%
12	B12	449,5	0,9%
13	B13	448,7	1%
14	B14	444,1	2 %

Tabel 1.4. Simulasi tegangan ETAP Power Station pada jaringan tegangan rendah pada Gambar 1

Pada gambar 1 B1 mengalami jatuh tegangan paling tinggi sebesar 1,1%, menurut Tabel 1.4. B2, B3, B4 mengalami jatuh tegangan kurang dari 1%. Pada gambar 3 B1 mengalami jatuh tegangan paling tinggi sebesar 5%. Gambar di atas menunjukkan bahwa B1 adalah bus yang paling jauh dari jaringan tegangan menengah Gardu Lamongan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh penyaluran listrik dari pusat pembangkit mengakibatkan jatuh tegangan dan rugi daya.

Hasil Tabel menunjukkan bahwa jatuh tegangan terjadi pada Jaringan Tegangan Menengah di Penyulang Gardu induk lamongan, tetapi jaringan tetap aman. Jumlah jatuh tegangan yang terjadi masih jauh dari batas yang dapat diterima. Tabel menunjukkan profil tegangan pada jaringan tegangan rendah.



Gambar 2. Hasil Perbaikan Simulasi Jaringan Eksisting Gardu induk lamongan Menggunakan ETAP Power Station

No	Nama	Tegangan Hasil Simulasi (kV)	Presentase Jatuh Tegangan (%)
1	B1	471,8	1,2 %
2	B2	471	1,1%
3	B3	469,6	1%
4	B4	471,5	1,1%
5	B5	468,7	0,8%
6	B6	470,4	1%
7	B7	442,7	2,3%
8	B8	441,8	2,5 %
9	B9	448,6	1%
10	B10	449,1	0,9%
11	B11	446,7	1,1%
12	B12	449,5	0,9%
13	B13	448,7	1%
14	B14	444,1	2 %

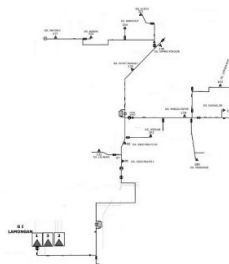
Tabel 1.5 Simulasi tegangan ETAP Power Station dan presentase jatuh tegangan pada jaringan tegangan rendah pada Gambar 2

Dari Gambar 1 dan tabel 2 diketahui terjadi perubahan presentase jatuh tegangan ketika sebelum dan sesudah dilakukan sisip transformator. Sebelum dilakukan perbaikan, tegangan pada Bus 1 sebesar 452,48kV sedangkan setelah perbaikan tegangan berubah menjadi 471,8 kV Dari yang sebelumnya memiliki presentase jatuh tegangan sebesar 5% kemudian setelah dilakukan sisip trafo didapat presentase jatuh tegangan sebesar 1,2%. Tegangan ujung pada Bus 1 menjadi lebih baik kualitasnya.

Tabel 1.6 Jarak dari sumber PLN ke Trafo

No	Nama	Jarak sebenarnya dari sumber PLN ke trafo (Km)
1	B1	22
2	B2	15
3	B3	19
4	B4	15
5	B5	19
6	B6	19
7	B7	19,5
8	B8	20
9	B9	20
10	B10	11
11	B11	11,7
12	B12	9,7
13	B13	18
14	B14	17

Perhitungan jarak pada penempatan transformator distribusi melibatkan pengukuran jarak antara transformator dan lokasi-lokasi beban utama yang akan dilayani oleh transformator tersebut metode umum yang digunakan adalah Metode Euclidean distance.



Gambar 3. Gambaran jarak sumber PLN ke transformator dengan menggunakan Metode Euclidean distance

Metode Euclidean distance dapat digunakan untuk menganalisis penempatan transformer distribution berdasarkan drop voltage. Metode ini bekerja dengan menghitung jarak antara titik-titik data pada grafik dan menentukan titik yang paling dekat dengan titik data yang diberikan. Dalam hal ini, titik data yang diberikan adalah beban listrik pada suatu wilayah, sedangkan titik-titik data pada grafik adalah lokasi-lokasi yang mungkin untuk penempatan transformer distribution.

No	Nama	Jarak sebenarnya dari sumber PLN ke trafo (Km)	Jarak hasil simulasi (Km)	Error
1	B1	22	21,3	0,7
2	B2	15	14,9	0,1
3	B3	19	18,9	0,1
4	B4	15	14,8	0,1
5	B5	19	18,9	0,1
6	B6	19	18,9	0,1
7	B7	19,5	19	0,5
8	B8	20	19,5	0,5
9	B9	20	19,9	0,1
10	B10	11	10,9	0,1
11	B11	11,7	11,6	0,1
12	B12	9,7	9,6	0,1
13	B13	18	17,9	0,1
14	B14	17	16,7	0,3

Tabel 1.7 Jarak dari sumber PLN ke Transformator menggunakan Metode Euclidean Distance

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penempatan transformer distribution berdasarkan drop voltage. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi dan wawancara dengan pihak PT. PLN (Persero) Distribusi Lamongan. Instrumen pengumpulan data yang digunakan adalah konfigurasi single line, data parameter sistem berupa data beban, saluran transmisi, dan data trafo, serta skema OLS.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penempatan transformer distribution yang optimal adalah pada lokasi yang memiliki drop voltage paling rendah. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi sistem distribusi listrik karena beban listrik dapat disalurkan dengan lebih baik dan efektif. Selain itu, penempatan transformer distribution yang tepat juga dapat mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan sistem distribusi listrik.

Namun, penulis juga menemukan beberapa kelemahan dalam penggunaan metode Euclidean distance. Metode ini hanya dapat digunakan untuk menganalisis penempatan transformer distribution berdasarkan drop voltage saja, sehingga tidak dapat mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti biaya dan keamanan. Selain itu, penggunaan Etap Power Station 19 dalam analisis penempatan transformer distribution juga memiliki kelemahan, yaitu memerlukan biaya yang cukup besar untuk membeli lisensi software tersebut.

Meskipun demikian, penulis merekomendasikan penggunaan metode Euclidean distance dan Etap Power Station 19 dalam analisis penempatan transformer distribution karena dapat memberikan hasil yang akurat dan efektif. Selain itu, penulis juga merekomendasikan agar dalam analisis penempatan transformer distribution, faktor-faktor lain seperti biaya dan keamanan juga harus dipertimbangkan. Dalam penelitian ini, penulis juga melakukan analisis terhadap profil gardu distribusi Lamongan. Dari hasil analisis, ditemukan bahwa PT. PLN (Persero) Lamongan berlokasi di Jalan Veteran, Kecamatan Lamongan, Jawa Timur, dan termasuk dalam area pelayanan kota Lamongan. Beberapa desa di wilayah Rayon PT. PLN (Persero) Lamongan memiliki beban listrik yang cukup besar, sehingga penempatan transformer distribution yang tepat sangat penting untuk meningkatkan efisiensi sistem distribusi listrik. Selain itu, penulis juga melakukan analisis terhadap data single line dari PT. PLN (Persero) Lamongan. Dari hasil analisis, ditemukan bahwa konfigurasi single line di PT. PLN (Persero) Lamongan cukup kompleks dan terdiri dari beberapa saluran transmisi dan trafo.

Oleh karena itu, penggunaan metode Euclidean distance dan Etap Power Station 19 sangat diperlukan untuk menganalisis penempatan transformer distribution yang optimal. Pada tabel Hasil Pengujian Beban Pada Transformator Distribusi, tabel ini berisi hasil pengujian beban pada transformator distribusi dengan variasi beban dan waktu pengujian. variasi beban yang diuji, yaitu 100% dari kapasitas beban transformator. Waktu pengujian dilakukan selama 1 jam untuk setiap variasi beban.

Hal ini menunjukkan bahwa transformator distribusi memiliki batasan kapasitas beban yang harus diperhatikan agar tidak terjadi kerusakan pada transformator. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan yang matang dalam menentukan kapasitas beban transformator agar tidak melebihi batas kapasitas yang telah ditentukan.

Selain itu, pada tabel juga terdapat kolom tegangan keluaran transformator yang menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan pada transformator, maka semakin besar pula penurunan tegangan keluaran transformator. Hal ini menunjukkan bahwa penempatan transformator distribusi harus diperhatikan agar tegangan keluaran transformator tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan. Jika tegangan keluaran transformator terlalu rendah, maka dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik yang terhubung dengan transformator.

Selain itu, pada tabel juga terdapat kolom arus beban yang menunjukkan besarnya arus yang mengalir pada transformator distribusi pada setiap variasi beban. Dari hasil pengujian, dapat dilihat bahwa semakin besar beban yang diberikan pada transformator, maka semakin besar pula arus beban yang mengalir pada transformator. Hal ini menunjukkan bahwa

transformator distribusi harus mampu menangani arus beban yang besar agar tidak terjadi kerusakan pada transformator.

Selanjutnya, pada tabel juga terdapat kolom efisiensi transformator yang menunjukkan seberapa efisien transformator dalam mengubah energi listrik. Dari hasil pengujian, dapat dilihat bahwa efisiensi transformator cenderung menurun seiring dengan peningkatan beban yang diberikan pada transformator. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan pada transformator, semakin banyak energi listrik yang hilang dalam bentuk panas. Oleh karena itu, perlu dilakukan perawatan dan pemeliharaan secara rutin pada transformator distribusi agar efisiensi transformator tetap optimal.

Terakhir, dari hasil pengujian juga dapat dilihat bahwa waktu pengujian yang dilakukan selama 1 jam pada setiap variasi beban sudah cukup untuk mendapatkan data yang akurat. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian beban pada transformator distribusi dapat dilakukan dengan waktu yang relatif singkat namun tetap menghasilkan data yang akurat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa transformator distribusi memiliki batasan kapasitas beban yang harus diperhatikan agar tidak terjadi kerusakan pada transformator. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian di mana terdapat penurunan dengan variasi beban 100%. Selain itu, penempatan transformator distribusi juga harus diperhatikan agar tegangan keluaran transformator tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan. Hal ini dapat dilihat dari kolom tegangan keluaran transformator pada tabel, di mana semakin besar beban yang diberikan pada transformator, semakin besar pula penurunan tegangan keluaran transformator.

Dari hasil penelitian juga dapat disimpulkan bahwa efisiensi transformator cenderung menurun seiring dengan peningkatan beban yang diberikan pada transformator. Oleh karena itu, perlu dilakukan perawatan dan pemeliharaan secara rutin pada transformator distribusi agar efisiensi transformator tetap optimal. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literature, metode wawancara, dan pengambilan data serta pembuatan program. Data yang diperoleh dari objek penelitian merupakan data-data parameter sistem yang bersifat kuantitatif. Dalam kesimpulan ini, dapat disimpulkan bahwa pengujian beban pada transformator distribusi sangat penting dilakukan untuk mengetahui batasan kapasitas beban transformator dan menentukan penempatan transformator distribusi yang tepat. Selain itu, perawatan dan pemeliharaan secara rutin juga sangat penting untuk menjaga

efisiensi transformator distribusi. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literature, metode wawancara, dan pengambilan data serta pembuatan program. Data yang diperoleh dari objek penelitian merupakan data-data parameter sistem yang bersifat kuantitatif.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk melakukan perencanaan yang matang dalam menentukan kapasitas beban transformator agar tidak melebihi batas kapasitas yang telah ditentukan. Selain itu, perlu dilakukan perawatan dan pemeliharaan secara rutin pada transformator distribusi agar efisiensi transformator tetap optimal. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap kondisi transformator, seperti pemeriksaan terhadap kabel, pendingin, dan isolasi transformator.

Selain itu, disarankan juga untuk melakukan penempatan transformator distribusi yang tepat agar tegangan keluaran transformator tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan. Hal ini dapat dilakukan dengan mempertimbangkan jarak antara transformator distribusi dengan beban yang akan dilayani serta karakteristik saluran dan persyaratan tegangan. Dengan melakukan penempatan yang tepat, maka kerugian daya dapat dikurangi dan efisiensi transformator dapat ditingkatkan. Selain itu, perlu dilakukan pengujian beban secara berkala untuk memastikan bahwa transformator distribusi masih mampu menangani beban yang diberikan.

DAFTAR REFERENSI

- Anteneh, D. (2019). Reliability Enhancement of Distribution Substation by Using Network Reconfiguration a Case Study at Debre Berhan Distribution Substation. *International Journal of Economy, Energy and Environment*, 4(2), 33. <https://doi.org/10.11648/j.ijeee.20190402.12>
- Ehsan, A., & Yang, Q. (2019). State-of-the-art techniques for modelling of uncertainties in active distribution network planning: A review. *Applied Energy*, 239(January), 1509– 1523. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.211>
- Gashi, D., Latifi, D., Ymeri, A., & Krasniqi, N. (2022). Network analysis for voltage regulation in Substation 35/10 [kV] “Malisheva.” *IFAC-PapersOnLine*, 55(39), 296–301. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.12.038>
- Kurniawan, A. R., Kurniawan, A., Sarwito, S., Gumilang, A. R. N., & Budianto, F. (2022). Comparison of voltage drop in AC and DC shipboard electrical power distribution systems: A case study of 17,500 DWT tanker vessel. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 972(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/972/1/012001>
- Murugan, R., & Ramasamy, R. (2019). Understanding the power transformer component

failures for health index-based maintenance planning in electric utilities. *Engineering Failure Analysis*, 96(July 2018), 274–288.
<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2018.10.011>

Nugraha, I. M. A., & Desnanjaya, I. G. M. N. (2021). Penempatan Dan Pemilihan Kapasitas Transformator Distribusi Secara Optimal Pada Penyulang Perumnas. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 4(1), 33–44.
<https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v4i1.722>

Rahman, A. H., Hidayatullah, A., Ulfa, A. N., Ahmad, R. Z., & Putra, J. T. (2021). Improvement of the power factor on the distribution line feeder Sutami 23 Lampung using capacitor bank and SVC with ETAP 12.6 simulation. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 17(2), 138.
<https://doi.org/10.36055/tjst.v17i2.11729>

Safitri, F. D. (2020). Simulasi Penempatan Transformator Pada Jaringan Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Menggunakan Etap Power Station 12.6.0. *Jurnal Edukasi Elektro*, 4(1), 12–24. <https://doi.org/10.21831/jee.v4i1.29315>
SENEN, A., DINI, H. S., ANGGAINI, D., & PUTERA, P. (2022).

Penentuan Kriteria Kapasitas Transformator Berdasarkan Proyeksi Kebutuhan Energi secara Mikrosposial.

Tian, S., Bowen, L., Liu, B., Zeng, F., Xue, H., Erastova, V., Chris Greenwell, H., Dong, Z., Zhao, R., & Liu, J. (2021). A method for automatic shale porosity quantification using an Edge- Threshold Automatic Processing (ETAP) technique. *Fuel*, 304(July), 121319. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121319>

Tiro, J., & L, R. (2019). Analisis Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Di PT PLN(Persero) ULP Malino. *Jurnal Teknologi Elekterika*, 3(2), 69.
<https://doi.org/10.31963/elekterika.v3i2.1553>

Wong, L. A., Ramachandaramurthy, V. K., Taylor, P., Ekanayake, J. B., Walker, S. L., & Padmanaban, S. (2019). Review on the optimal placement, sizing and control of an energy storage system in the distribution network. *Journal of Energy Storage*, 21(December 2018), 489–504. <https://doi.org/10.1016/j.est.2018.12.015>