



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

Ali Mahfud Shodar^{1*}, Tri Wraharnolo²

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya¹²³⁴⁵⁶⁷

Received: 3 Juli 2024
Revised: 10 Juli 2024
Accepted: 29 Juli 2024

Abstract

Kebutuhan tenaga listrik dari tahun ke tahun meningkat dan berpengaruh terhadap kebutuhan energy listrik kepada setiap lapisan kalangan masyarakat umum ataupun industri sebagai penikmat kelistrikan. 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. Metode yang digunakan dalam menghitung penempatan transformator adalah Euclidean distance Metode ini bekerja dengan menghitung jarak antara titik-titik data pada grafik dan menentukan titik yang paling dekat dengan titik data yang diberikan. Untuk melakukan perhitungan tersebut dan mendapatkan nilai drop tegangan dalam metode ini digunakan software ETAP 19.0. Adapun hasil analisis menunjukkan tegangan pada Bus 1 sebesar 452,48kV sedangkan setelah perbaikan tegangan berubah menjadi 471,8 kV Dari yang sebelumnya memiliki persentase jatuh tegangan sebesar 5% kemudian setelah dilakukan perhitungan jarak menggunakan metode Euclidean distance didapat persentase jatuh tegangan sebesar 1,2%. Tegangan ujung pada Bus 1 menjadi lebih baik kualitasnya. Hasil pengujian dan analisis bertujuan untuk mengidentifikasi bahwa metode Euclidean distance dan software ETAP 19.0 dapat digunakan untuk menentukan estimasi jarak dan menemukan nilai Drop Voltage pada PT. PLN (PERSERO) Lamongan. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi sistem distribusi listrik karena beban listrik dapat disalurkan dengan lebih baik dan efektif. Selain itu, penempatan transformator distribution yang tepat

Keywords: Transformator Distribusi, Drop Voltage, ETAP

(*) Corresponding Author:

¹ali.19069@mhs.unesa.ac.id,²triraharnolo@unesa.ac.id

How to Cite: Shodar, A., & Wraharnolo, T. (2024). Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Drop Voltage Pada PT. PLN (Persero) Distribusi Lamongan Menggunakan Software Etap 19.0. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(19), 133-141. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14043069>

PENDAHULUAN

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 di 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 [1]. Penempatan transformator distribusi yang tepat ialah penempatan yang dapat memberikan keandalan dan kontinuitas pelayanan yang baik terhadap konsumen serta dapat menanggulangi tegangan jatuh [2]. 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 [3].

ETAP (Electrical Transient Analysis Program) adalah perangkat lunak analisis komprehensif yang digunakan untuk merancang dan menguji sistem tenaga listrik. 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 [1]. 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 [9].

Analisis Drop Voltage bertujuan untuk meningkatkan efisiensi distribusi energi dalam sistem listrik dengan mengidentifikasi, mengelola, dan mengurangi penurunan tegangan. Hal ini mencakup pemilihan kabel yang tepat untuk meminimalkan kerugian daya, menjaga stabilitas tegangan untuk mencegah fluktuasi merugikan, dan pencegahan pemanasan berlebihan pada kabel dan peralatan [4]. Tujuannya juga mencakup perencanaan kapasitas yang akurat dan peningkatan keandalan sistem secara keseluruhan dengan mengoptimalkan distribusi tegangan. Dengan demikian, analisis Drop Voltage membantu menciptakan sistem listrik yang efisien, andal, dan responsif terhadap kebutuhan energi [5].

Analisis Drop Voltage dalam sistem listrik memiliki manfaat penting, termasuk meningkatkan efisiensi distribusi energi, membantu pemilihan kabel yang sesuai, menjaga stabilitas tegangan, mencegah pemanasan berlebihan, memungkinkan perencanaan kapasitas yang lebih baik, dan meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan[6]. Dengan memahami dan mengoptimalkan Drop Voltage, organisasi dapat menjaga kinerja listrik yang optimal dan mengurangi risiko gangguan pada sistem kelistrikan. Analisis Drop Voltage tidak hanya memberikan efisiensi dalam distribusi energi, tetapi juga membantu meminimalkan kerugian daya yang dapat terjadi saat listrik mengalir melalui kabel [7]. Dengan pemilihan kabel yang tepat, sistem dapat dioptimalkan untuk memenuhi kebutuhan spesifik, menghindari overloading, dan mencegah kegagalan peralatan akibat fluktuasi tegangan yang signifikan [8]. Stabilitas tegangan yang dijaga melalui analisis Drop Voltage menjadi kunci dalam mencegah kerusakan pada peralatan elektronik yang sensitif terhadap perubahan tegangan. Selain itu, pengetahuan tentang Drop Voltage mendukung perencanaan kapasitas yang akurat [12].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menjelaskan tentang analisis penempatan transformator distribusi berdasarkan *drop voltage*. untuk mendapatkan data dan melakukan pengamatan pada objek untuk mengumpulkan data-data yang disajikan data pengukuran angka- angka untuk keperluan analisis data dalam penelitian [13]. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, peneliti mengumpulkan data- data yang kemudian diolah menggunakan software ETAP 19.0 [1].

Perencanaan Jaringan Distribusi di ETAP

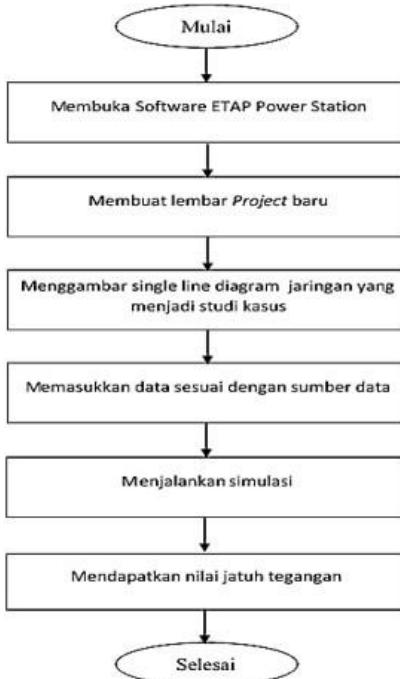
Dari Data Induk Jaringan (DIJ) di atas, setelah panjang jaringannya ditemukan, penggambaran di ETAP dimulai dari Gardu Induk hingga Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan trafo – trafo yang ada sesuai dengan aslinya [15]. Pengaturan tiap komponen disesuaikan dengan aslinya mulai dari ukuran penampang, jenis penampang, hingga pada trafo disesuaikan dengan daya trafo dan pembebanan trafo [14].

Pengujian dan Simulasi *Drop Voltage* menggunakan metode *Euclidean distance* pada Software ETAP 19.0

Setelah semua jaringan dan komponen lain tergambar di ETAP, selanjutnya menentukan bus/titik mana yang akan terjadi gangguan. Sebagai contoh, gangguan berada pada bus/titik [6].

Flowchart

merupakan diagram yang mewakili algoritma kerja dan proses kerja dimana langkah langkahnya ditampilkan dalam bentuk grafis dan urutannya dihubungkan dengan panah.



Gambar 1. Flowchart

a. Pemodelan pada software ETAP

Dibuat pemodelan dengan menggunakan software ETAP.

b. Memasukan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. PLN. Data-data yang didapatkan diantaranya adalah peta jaringan eksisting, data daya tersambung, data arus pelayanan serta data impedansi penghantar yang digunakan.

c. Kondisi Eksisting

Berdasarkan data yang telah diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan besarnya jatuh tegangan pada jaringan.

d. Simulasi ETAP Kondisi Eksisting

Untuk simulasi ETAP pada kondisi jaringan eksisting dilakukan penggambaran jaringan dan mensimulasikannya untuk mengetahui jatuh tegangan menggunakan software ETAP

e. Mengalami Jatuh Tegangan?

Pada tahap ini jika "ya" maka melakukan tahap (f), dan jika "tidak" maka melakukan tahap (g).

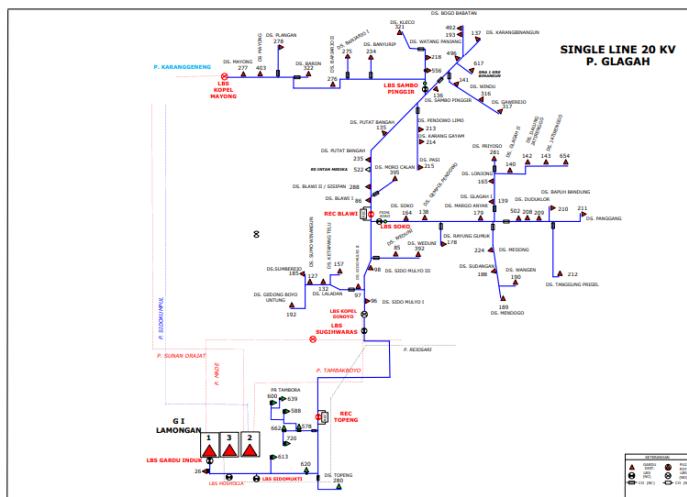
f. Melakukan Perbaikan jaringan

Pada tahap ini dilakukan Perbaikan jaringan yang akan dilakukan terdiri dari penambahan kabel JTR, penambahan transformator distribus, penataan ulang SLP dan sambungan rumah (SR) konsumen yang tidak sesuai standar, dan lain lain.

g. Sistem aman

Pada tahap ini system dikatakan aman jika pada PT. PLN (PERSERO) Distribusi Lamongan tidak mengalami jatuh tenganggan.

Data Sistem



Gambar 2. Single Line Keseluruhan Di PT. PLN (persero) Lamongan

PT. PLN (Persero) Lamongan berada di Jalan Veteran, Kecamatan Lamongan, Jawa Timur. Desa Kali Lapas, Desa Simbatan, Desa Canggah, Desa Tambak Boyo, Desa Deket Kulon, Desa Deket Wetan, Desa Rejo Sari, Desa Pandan Pancur, Desa Srirande/Sisipan, Desa Nginjen, Desa Ploso Boden, Desa Pandanan, Desa Tumapel, Desa Beru, Desa Sumber Rejo, Desa Mejuwet, Desa Sugih Waras, Desa Dinoyo, Desa Babat Agung, dan Desa Rejo Tengah adalah beberapa desa di Rayon Lamongan.

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

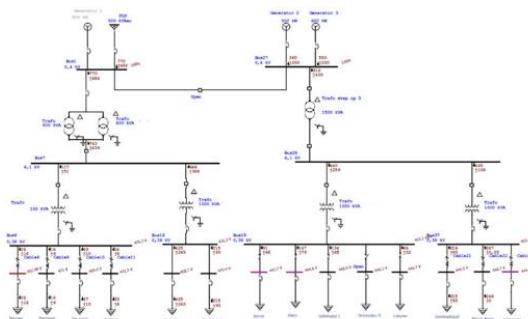
Tabel 2. Data Saluran Penyalangan

No	Gardu Induk	Trafo Tegangan Kerja (kV)	Kapasitas Trafo (MV)	Panjang Saluran (km)	Jenis Penghantar	Impedansi Saluran Z1 (Ohm)	Impedansi Saluran Z0 (Ohm)
1.	Lamongan	150/20	60	5.309	XLPE 210 mm ²	0.624+j0.50 4	1.354 + j0.127

Pemodelan Sistem Menggunakan ETAP

Dalam perkembangan analisa hubung singkat dengan menggunakan metode ETAP, terdapat beberapa pengembangan yang telah dilakukan untuk menambah keakuratan, kemudahan, dan kecepatan perhitungan analisis, terutama untuk mengakomodir gangguan hubung singkat pada sistem distribusi.

Berdasarkan pada data existing jaringan yang diperoleh maka dapat dibuat pemodelan single line diagram menggunakan software ETAP 19.0



Gambar 3. Jaringan Eksisting PT.PLN (PERSEERO) lamongan Menggunakan ETAP Power Station

Berdasarkan pada data existing jaringan transformator 3 yang diperoleh maka dapat dibuat pemodelan diagram satu garis menggunakan program ETAP 19.0.

Tabel 3. Jarak dari sumber PLN ke Transformator

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.

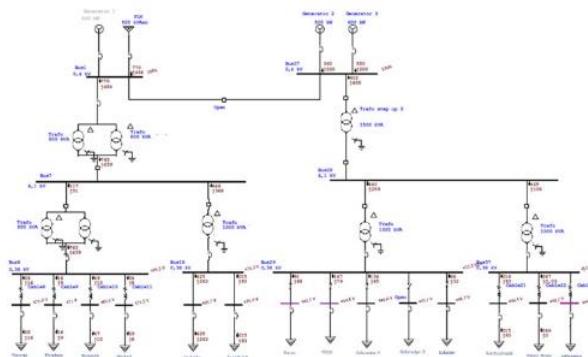
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah data yang diperlukan untuk analisis ini:

Tabel 4. Simulasi tegangan ETAP Power Station

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 %

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 Penyalang 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.

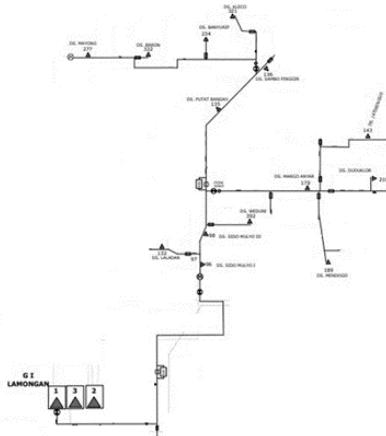


Gambar 4. Hasil Perbaikan Simulasi Jaringan Eksisting Gardu induk lamongan

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 %

Dari Gambar dan tabel diketahui terjadi perubahan presentase jatuh tegangan ketika sebelum dan sesusah 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.



Gambar 4. Gambar 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.

Tabel 7. Jarak dari sumber PLN ke Transformator menggunakan Metode Euclidean Distance

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

Pentingnya jarak dalam penempatan transformator distribusi berdasarkan *Drop Voltage* terkait dengan optimalisasi efisiensi dan stabilitas distribusi energi [12]. Dengan memperhatikan analisis *Drop Voltage*, penempatan transformator yang bijaksana membantu meminimalkan kerugian tegangan, memastikan distribusi energi yang efisien, dan menjaga stabilitas tegangan di seluruh sistem. Selain itu, penempatan yang tepat juga mendukung keseimbangan beban yang optimal dan perencanaan kapasitas yang akurat, memastikan distribusi daya yang seimbang dan responsif terhadap kebutuhan energi [11].

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 [15]. 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. Efisiensi transformator cenderung menurun seiring dengan peningkatan beban yang diberikan pada transformator [3]. Oleh karena itu, perlu dilakukan perawatan dan pemeliharaan secara rutin pada transformator distribusi agar efisiensi transformator tetap optimal.

REFERENSI

- 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).
- Rozeta, F., & Aryza, S. (2022). AN ANALYSIS OF NETWORK EXPANSION TO REPAIR VOLTAGE DROPS ON SULUM FEEDER DISTRIBUTION NETWORK PT PLN (PERSERO) KUALA SIMPANG CUSTOMER SERVICE UNIT. 10(2), 1186–1193.
- 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>

- 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
- 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., Hidayah, A., Ulfah, 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>
- Abugalia, A. 2018. Influence of Arrester Parameters on Overvoltage Characteristics on Protected Transformer. *Journal of Electrical & Electronic Systems*, Vol.07(04): pp 4–8. <https://doi.org/10.4172/2332-0796.1000284>
- Elnizar, H., Gusmedi, H., & Zebua, O. 2021. Analisis Rugi-Rugi (Losses) Transformator Daya 150/20 KV di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Sutami ULTG Tarahan. *Electrician*, Vol.15(2): hal. 116–126. <https://doi.org/10.23960/elc.v15n2.2197>
- Sutawinaya, I. P., Narottama, A. A. N. M., & Pujana, I. G. N. A. 2022. 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(1): hal. 1–7.
- 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>
- Artetxe, I., Arizti, F., & Martínez-de-Guerenu, A. (2021). Analysis of the voltage drop across the excitation coil for magnetic characterization of skin passed steel samples. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109000>
- Iria, J., Héleno, M., & Candoso, G. (2019). Optimal sizing and placement of energy storage systems and on-load tap changer transformers in distribution networks. *Applied Energy*, 250, 1147–1157. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.120>
- Kucuk, S., & Ajder, A. (2022). Analytical voltage drop calculations during direct on line motor starting: Solutions for industrial plants. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(4), 101671. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.101671>
- Lestari, D. A. (2021). Analisis Faktor Beban dan Penentuan Kapasitas Trafo dengan Metode K-Means Clustering di PT. PLN (Persero) ULP Pedan pada Sektor Rumah Tangga. *Studi, Program Elektro, Teknik Teknik, Fakultas Surakarta, Universitas Muhammadiyah*
- Manurung, F. (2013). Analisis Keberadaan Dan Pengembangan Gardu Induk Distribusi 20 kV Di Kota Pekanbaru. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.