

Optimizing the Distribution Transformer Placement Based on the Maximum Loading and Drop Voltage at PLN Tegalsari Rayon

Optimasi Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan dan Pembebanan Maksimal di PT.PLN (Persero) Rayon Tegalsari

Fawzy Tio Prasetyo, Titiek Suheta, Novian Patria Umam Putra
{fawzytiop@gmail.com¹, hita@itats.ac.id²}

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Abstract. *One of Problems in Indonesia regarding electricity distribution is far power station from the load (consumer). As a result, the electric energy distribution often becomes ineffective due to big enough voltage drop along the transmission and distribution channels. To overcome this problem, voltage drop must be reduced by placing the distribution transformer optimally. Therefore, this research aimed at determining the new distance from the transformer obtaining voltage drop above 10% along the channel of PLN Ltd in Tegalsari Rayon. For this reason, the researcher employed maximum loading on a certain bus or Continous Power Flow (CPF) and calculated the voltage drop in each channel simulated by Matlab. The simulation results demonstrated that bus 2 gained the maximum load 7.8 times, consequently, there were 15 buses getting voltage drop more than 10%. Those buses comprised: bus 6 0.9%, bus 7 11.6%, bus 8 14.3%, bus 9 14.3%, bus 10 16.1%, bus 11 16.2%, bus 12 17.9%, bus 13 17.6%, bus 14 17.5%, bus 15 17%, bus 16 17%, bus 17 16.9%, bus 18 16.8%, bus 19 16.8%, and 20 16.8%. Meanwhile, the alteration of new distances occurring in several buses included: bus 6 from 151.9 m to 138.784 m, bus 7 from 48 m to 41.184 m, bus 8 from 211 m to 146.884 m, bus 9 from 50 m to 34.734 m, bus 10 from 205.89 m to 127.842 m, bus 11 to 167.01 m, bus 12 to 316.23 m, bus 13 to 141.44 m, bus 14 to 17.9 m, bus 15 to 1141.85 m, bus 16 to 19.61 m, bus 17 to 38.13 m, bus 18 to 59.31 m, bus 19 to 13.33 m, and 20 to 19.99 m.*

Keywords - continuous power flow (CPF); transformer placement optimization; voltage drop

Abstrak. *Salah satu masalah di Indonesia untuk pendistribusian listrik adalah pusat pembangkit yang jauh dari beban (konsumen). Masalah ini menyebabkan penyaluran energi listrik seringkali tidak efektif dikarenakan jatuh tegangan yang cukup besar di sepanjang saluran transmisi maupun distribusi. Diantara solusi untuk mengurangi jatuh tegangan salah satunya adalah dengan penempatan trafo distribusi secara optimal. Penelitian ini bertujuan menentukan jarak baru dari transformator yang mengalami jatuh tegangan diatas 10% di sepanjang saluran PT.PLN (Persero) Rayon Tegalsari. Metode yang digunakan adalah dengan pemberian beban maksimal pada salah satu bus atau Continous Power Flow (CPF) dan menghitung besar jatuh tegangan masing – masing saluran yang nantinya akan disimulasikan di Software Matlab. Dari hasil simulasi ditemukan bahwa bus 2 memiliki beban maksimal terbesar yaitu 7,8 kali pembebanan. Terdapat 15 bus yang mengalami jatuh tegangan diatas 10% dengan pemberian beban maksimal pada bus 2. Perubahan jarak baru terjadi pada beberapa bus diantaranya : bus 6 dari jarak 151,9 m menjadi 138,784 m, bus 7 dari jarak 48 m menjadi 41,184 m , bus 8 dari jarak 211 m menjadi 146,884 m , bus 9 dari jarak 50 m menjadi 34,734 m, bus 10 dari jarak 205,89 m menjadi 127,842 m.*

Kata Kunci - continuous power flow (CPF); optimasi penempatan transformator; jatuh tegangan

I. PENDAHULUAN

Dengan melihat perkembangan jumlah penduduk sekarang ini akan meningkatkan kebutuhan energi listrik setiap waktunya. Dari data statistik PLN tahun 2017 dapat dijelaskan bahwa jumlah konsumsi listrik di Indonesia sendiri sebesar 167.977,87 GWh dan mengalami kenaikan sebesar 0,91% dari tahun sebelumnya[1].

Dengan metode *Digsilent* didapatkan hasil bahwa semakin panjang penghantar akan mempengaruhi besarnya jatuh tegangan pada penyulang Lanna, PT. PLN (Persero) ULP Malino. Dari hasil Analisa didapatkan pada gardu distribusi GT-LLN053 mengalami jatuh tegangan sebesar 1030,16 Volt atau sebesar 5,15%. Namun setelah dilakukan reposisi gardu distribusi, jatuh tegangan menjadi sebesar 956,41 Volt atau sebesar 4,78% [2][3].

Panjang saluran distribusi primer akan mempengaruhi terjadinya tegangan jatuh dan rugi-rugi daya pada GI Banyuwangi, sehingga perlu dianalisa kembali penempatan transformator distribusi agar kinerja transformator distribusi tersebut menjadi lebih baik[4][5].

Optimasi penempatan titik interkoneksi PLTM dengan metode Genetic Algorithm (GA), didapatkan lokasi terbaik berada pada bus 70 dengan rugi-rugi daya total sebesar 31 kW. Interkoneksi PLTM dapat menurunkan rugi-

rugi daya aktif sebesar 5 kW dari total rugi-rugi daya awal saat kondisi eksisting pada bus 35 sebesar 36 kW turun menjadi 31 kW[6][7].

Pada penelitian ini dengan metode komputasi untuk mendapatkan kurva daya P-V sistem. Dimana aliran daya lanjutan dimulai dari titik operasi awal untuk meningkatkan beban pada titik pemuatan yang maksimum dan mengurangi ukuran analisis modal matriks jacobian yang diadopsi. Dan dengan membandingkan metode regresi linier dan ANN dengan metode konvensional maka stabilitas tegangan ditingkatkan dalam iterasi yang lebih sedikit[8].

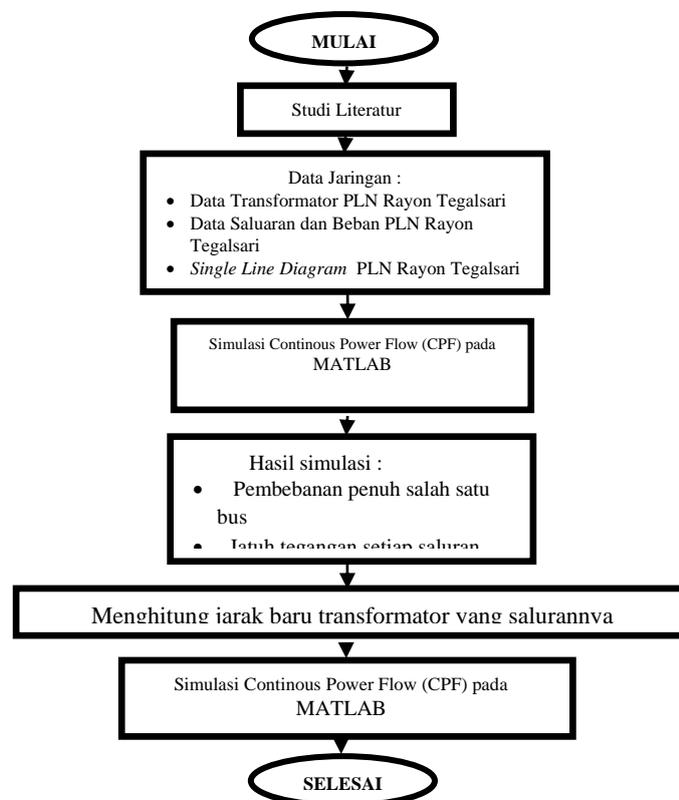
Dengan metode *Continuation Power Flow* (CPF) yang menggunakan skema predictor-corrector, diketahui hasilnya untuk memprediksi nilai parameter beban yang berbeda-beda. Hasil simulasi menyatakan bahwa dengan menempatkan pembangkit listrik pada bus tersebut, maka kestabilan tegangan sistem akan dievaluasi yang bertujuan memvalidasi efisiensi untuk meningkatkan profil tegangan[9].

Transformator distribusi 3 fasa 50 kV KLS06-110 mengalami pembebanan yang melebihi batas standar SPLN 72: 1987 yaitu 4%, sehingga pada Bus24 mengalami jatuh tegangan. Untuk mengantisipasi terjadinya jatuh tegangan yang lebih besar, maka dilakukan sisip transformator dan melimpahkan sebagian beban dari transformator KLS06-110 ke transformator sisip. Dari hasil analisis didapatkan nilai jatuh tegangan pada Bus24 menjadi 2% [10].

Dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO) digunakan untuk mengoptimasi peletakan *Distributed Generation* (DG) pada sistem distribusi 20kV penyulang Pujon yang mempunyai 117 bus dengan panjang saluran 59,65 km bertujuan untuk mengurangi rugi-rugi daya. Selain PSO digunakan Algoritma JAYA untuk pembandingan dalam menentukan besar kapasitas DG yang akan dipasang, dan terbukti berhasil menentukan titik lokasi dan besar kapasitas DG yang akan dipasang [7][11].

II. METODE

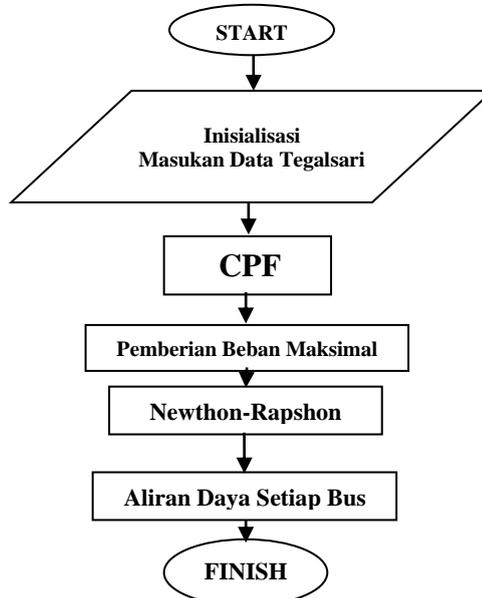
Metode yang dipakai adalah *Continous Power Flow* (CPF) yang akan disimulasikan pada program MATLAB. Hasil dari program berupa besarnya pembebanan maksimal dari salah satu bus dan jatuh tegangan sepanjang saluran. Dari kedua parameter ini, nantinya akan dianalisa menggunakan perhitungan untuk mendapatkan jarak baru transformator. Adapun alur penelitian yang digunakan ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

A. Blok diagram simulasi

Simulasi ini menggunakan metode *Continuous Power Flow (CPF)* untuk pemberian beban maksimal dan metode *Newthon-Rapshon* menghitung aliran daya dan jatuh tegangan seperti gambar 2 berikut.



Gambar 2. Blok Diagram Simulasi

B. Analisa data

Dari simulasi pada MATLAB akan didapat hasil jatuh tegangan dari setiap bus. Bus yang mengalami jatuh tegangan diatas 10% akan dihitung jarak baru dengan persamaan berikut :

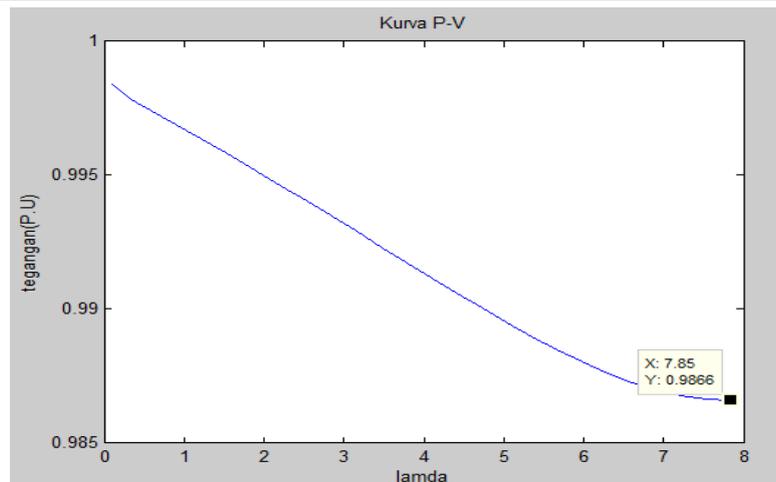
$$L_b = \frac{V_i \times L_s}{\Delta V} \dots\dots\dots(1)$$

- L_b = Jarak Baru Transformator (m)
- ΔV = Besar Jatuh Tegangan (V)
- V_i = Tegangan Jatuh Yang Dijinkan (V)
- L_s = Panjang Saluran (m)
- V_s = Tegangan saluran (V)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil simulasi penentuan bus

Peneliti akan memilih bus yang akan dikenai pembebanan maksimal berdasarkan bus yang memiliki pembebanan maksimal terbesar. Peneliti akan memilih 7 bus yang disimulasikan sebagai sampel dan akan diketahui pembebanan maksimalnya. Hasil simulasi dari ke-7 bus menunjukkan bahwa bus 2 memiliki pembebanan (lamda) terbesar yaitu 7,85. Untuk itu, bus 2 akan menjadi bus yang akan disimulasikan untuk pemberian beban.



Gambar 3. Kurva Pembebanan Bus 2

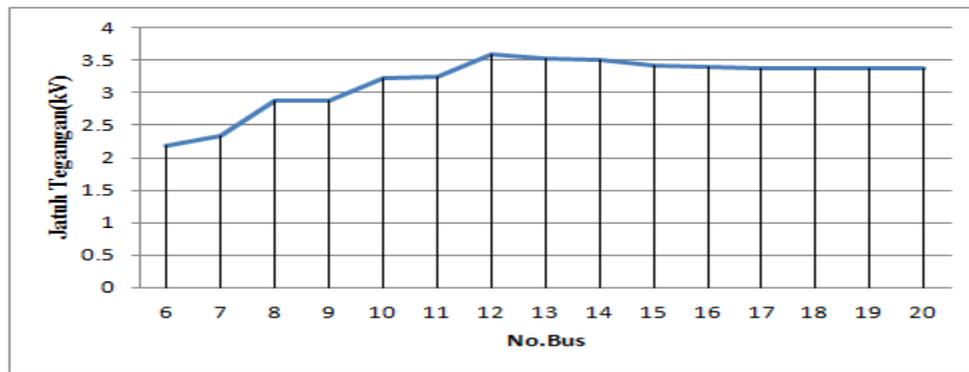
B. Hasil simulasi jatuh tegangan

Dari hasil program, ditemukan bahwa dengan 7,85 kali pembebanan pada bus 2 ada beberapa bus yang mengalami jatuh tegangan melebihi ketentuan SPLN yaitu 10% atau 2000 V. Berikut adalah tabel saluran yang akan dianalisa :

Tabel 1. Saluran Mengalami Jatuh Tegangan Diatas 2000 V

Saluran		Jatuh Tegangan	Jarak Saluran
Bus	Bus	(V)	(m)
5	6	2189	151.9
6	7	2333	48
7	8	2873	211
8	9	2879	50
8	10	3221	205.89
10	11	3241	270.64
10	12	3585	566,65
12	13	3525	249.3
13	14	3514	31.46
14	15	3419	242.5
15	16	3405	33.4
16	17	3382	64.49
17	18	3372	100
17	19	3377	22,48
19	20	3371	33,7

Pada tabel 1. terdapat saluran-saluran yang mengalami jatuh tegangan diatas 2000 V, misalnya pada saluran bus 5 menuju bus 6 dengan jarak 151,9 m telah terjadi jatuh tegangan sebesar 2189 V maka perlu adanya perubahan jarak yang lebih optimal.



Gambar 4. Grafik Bus Dengan Jatuh Tegangan Diatas 2000 V

C. Hasil analisa menentukan jarak baru saluran

Bus 6 jatuh tegangan sebesar 2189 V dengan panjang saluran 151,9 m.

$$L_b = \frac{V_i \times L_s}{\Delta V}$$

$$L_b = \frac{2000 \text{ V} \times 151,9 \text{ m}}{2189 \text{ V}}$$

$$L_b = 138,784 \text{ m}$$

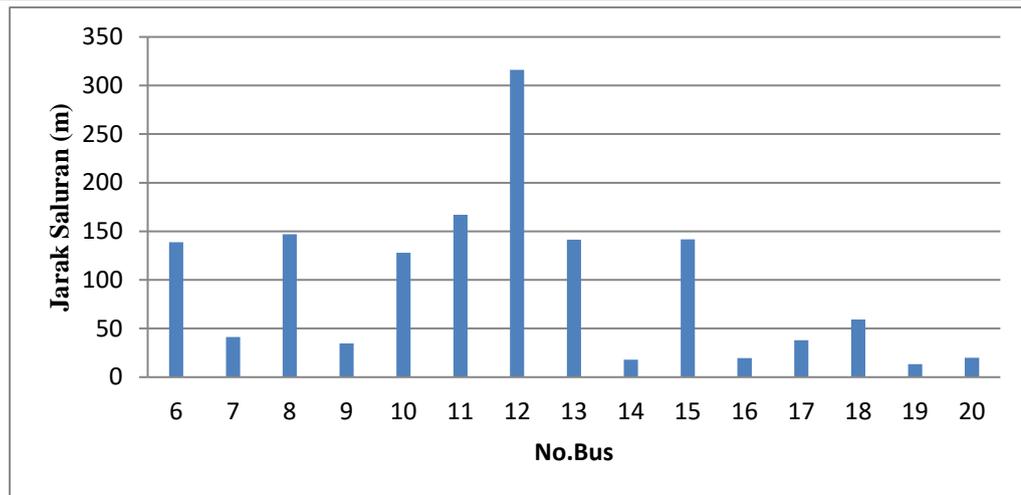
Jarak baru saluran bus 6 adalah 138,784 m

Hasil perhitungan jarak baru dari masing-masing bus sebagai berikut:

Tabel 2. Jarak Baru Saluran

Saluran		Jarak Baru Saluran
Bus	Bus	(m)
5	6	138,784
6	7	41,148
7	8	146,884
8	9	34,734
8	10	127,842
10	11	167,01
10	12	316,23
12	13	141,44
13	14	17,9
14	15	141,85
15	16	19,61
16	17	38,13
17	18	59,31
17	19	13,31
19	20	19,99

Bisa dilihat pada tabel 2. terdapat perubahan pada jarak masing – masing saluran seperti contohnya pada saluran bus 5 menuju bus 6 sebesar 138,748 m dan saluran bus 6 menuju bus 7 sebesar 41,148 m.



Gambar 5. Grafik Jarak Baru Saluran

D. Hasil simulasi jarak baru saluran

Pada dasarnya program ini dibuat berdasarkan masukan atau input dari data saluran yang berupa nilai reaktansi, induktansi, panjang dan beban saluran. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan jarak saluran terhadap besar jatuh tegangan yang terjadi pada setiap bus. Hasil dari simulasi MATLAB berupa aliran daya dari saluran.

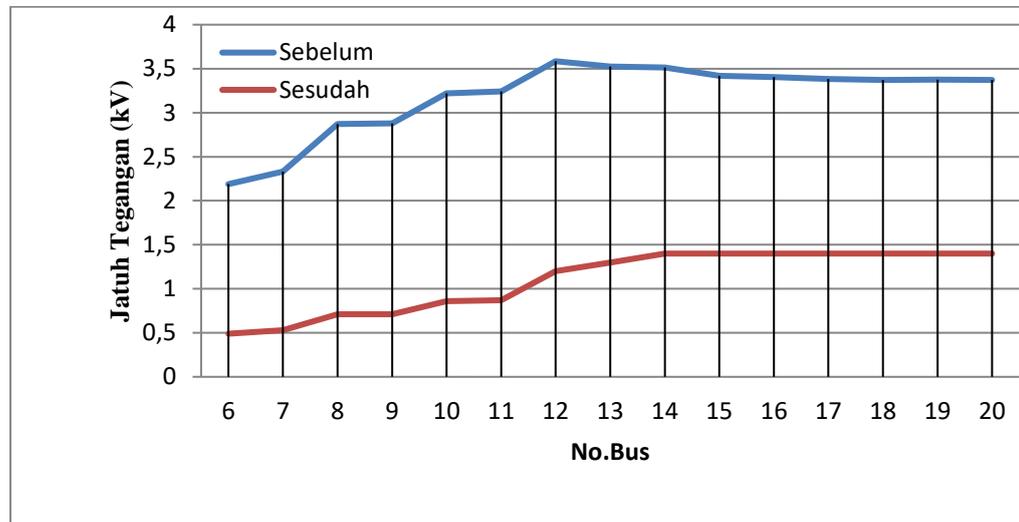
Bisa dilihat dari hasil program pada tabel 3. bahwa setelah terjadi perubahan jarak baru saluran maka nilai jatuh tegangan juga berkurang bahkan dari 20 bus sudah tidak ada yang mengalami jatuh tegangan diatas 10% atau 2000 V

Berikut adalah tabel pengaruh perubahan jarak terhadap jatuh tegangan:

Tabel 3. Perbandingan Jatuh Tegangan Setelah Perubahan Jarak

Sebelum Perubahan Jarak Saluran			Sesudah Perubahan Jarak Saluran				
Saluran	Jatuh Tegangan (V)	Panjang Saluran (m)	Saluran	Jatuh Tegangan (V)	Panjang Saluran (m)		
Bus	Bus	Bus	Bus	Bus	Bus		
5	6	2189	151.9	5	6	498,1	138,784
6	7	2333	48	6	7	538,9	41,148
7	8	2873	211	7	8	713,3	146,884
8	9	2879	50	8	9	714,7	34,734
8	10	3221	205.89	8	10	865,8	127,842
10	11	3241	270.64	10	11	871	167,01
10	12	3585	566,65	10	12	1246	316,23
12	13	3525	249.3	12	13	1353	141,44
13	14	3514	31.46	13	14	1365	17,9
14	15	3419	242.5	14	15	1445	141,85
15	16	3405	33.4	15	16	1455	19,61
16	17	3382	64.49	16	17	1471	38,13
17	18	3372	100	17	18	1478	59,31
17	19	3377	22,48	17	19	1474	13,31
19	20	3371	33,7	19	20	1478	19,99

Pada tabel 3. terdapat perbandingan jatuh tegangan sebelum dan sesudah perubahan jarak saluran. Misalnya pada saluran bus 5 menuju bus 6 yang semula jatuh tegangannya sebesar 2189 V dengan jarak 151,9 m setelah terjadi perubahan jarak ke 138,7 m jatuh tegangannya turun menjadi 498,1 V.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Jatuh Tegangan Sebelum dan Setelah Perubahan Jarak

Dari hasil tabel 3. dan grafik diatas bisa disimpulkan bahwa penentuan jarak baru sangat berpengaruh terhadap besar jatuh tegangan. Jarak yang optimal akan meminimalisir jatuh tegangan dan tentunya akan mengoptimalkan kerja dari transformator distribusi.

IV. KESIMPULAN

Bus 2 memiliki pembebanan maksimal paling besar yaitu 7,8 kali. Dengan pemberian beban maksimal pada bus 2, terjadi jatuh tegangan melebihi standarisasi pada 15 bus lain diantaranya: bus 6 sebesar 10,9% , bus 7 sebesar 11,6% , bus 8 sebesar 14,3% , bus 9 sebesar 14,3% , bus 10 sebesar 16,1% , bus 11 sebesar 16,2% , bus 12 sebesar 17,9% , bus 13 sebesar 17,6% , bus 14 sebesar 17,5% , bus 15 sebesar 17% , bus 16 sebesar 17% , bus 17 sebesar 16,9% , bus 18 sebesar 16,8% , bus 19 sebesar 16,8% , bus 20 sebesar 16,8%. Perubahan jarak baru dari masing – masing saluran sebagai berikut : bus 6 menjadi 138,784 m, bus 7 menjadi 41,184 m , bus 8 menjadi 146,884 m , bus 9 menjadi 34,734 m, bus 10 m menjadi 127,842 m, bus 11 menjadi 167,01 m, bus 12 316,23 m, bus 13 menjadi 141,44 m, bus 14 menjadi 17,9 m, bus 15 menjadi 1141,85 m, bus 16 menjadi 19,61 m, bus 17 menjadi 38,13 m, bus 18 menjadi 59,31 m, bus 19 menjadi 13,33 m, bus 20 menjadi 19,99 m.

REFERENSI

- [1] PT PLN (Persero), “PLN Statistics 2018,” *Sekr. Perusah. PT PLN*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [2] J. Tiro and R. L., “Analisis Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Di PT PLN(Persero) ULP Malino,” *J. Teknol. Elekterika*, vol. 16, no. 2, p. 69, 2019, doi: 10.31963/elekterika.v16i2.1553.
- [3] P. Studi and T. Elektro, “Journal of Electrical and System Control Engineering Analisis Tegangan Jatuh Lokasi Penempatan Trafo Distribusi 20 kV Untuk Penyaluran Energi Fall Voltage Analysis Location of Distribution Transformer 20 kV for Energy Distribution Indra Roza Pengertian Si,” *J. ofElectrical Syst. Control Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 70–80, 2018.
- [4] V. Naomia *et al.*, “SISTEM PENEMPATAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI BERDASARKAN JATUH TEGANGAN (STUDI KASUS PADA PT. PLN (Persero) APJ BANYUWANGI) Adi,” vol. 1, 2018.
- [5] K. A. B. Karanganyar, “PENEMPATAN TRANSFORMATOR GUNA PERBAIKAN PENYALURAN DAYA LISTRIK PADA JARINGAN DISTRIBUSI KAB. KARANGANYAR,” pp. 6–11, 2020.
- [6] I. K. Wahyu *et al.*, “OPTIMASI PENEMPATAN TITIK INTERKONEKSI DISTRIBUTED GENERATION (DG) PLTM MUARA PADA PENYULANG PANJI DENGAN METODE GENETIC ALGORITHM (GA),” vol. 6, no. 2, pp. 141–147, 2019.
- [7] D. K. Tabarok, A. Saleh, and B. S. Kaloko, “Optimasi Penempatan Distributed Generation (DG) dan Kapasitor pada Sistem Distribusi Radial Menggunakan Metode Genetic Algorithm (GA) (Studi Kasus pada Penyulang Watu Ulo Jember),” *Berk. Sainstek*, vol. 5, no. 1, p. 35, 2017, doi: 10.19184/bst.v5i1.5373.

- [8] V. Puppala and P. Chandrarao, "Analysis of continuous power flow method, model analysis, linear regression and ANN for voltage stability assessment for different loading conditions," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 47, no. C, pp. 168–178, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.03.195.
- [9] A. Arief and B. Nappu, *Penentuan Lokasi dan Kapasitas Distributed Generations Dengan Metode Continuation Power Flow*. 2015.
- [10] F. D. Safitri, "Simulasi Penempatan Transformator Pada Jaringan Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Menggunakan Etap Power Station 12.6.0," *J. Edukasi Elektro*, vol. 4, no. 1, 2020, doi: 10.21831/jee.v4i1.29315.
- [11] M. A. Baihaqi, R. N. Hasanah, and H. Suyono, "Optimasi Penempatan Distribution Generation Pada Penyulang Pujon Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization," *J. Ecotipe (Electronic, Control. Telecommun. Information, Power Eng.)*, vol. 7, no. 1, pp. 38–46, 2020, doi: 10.33019/ecotipe.v7i1.1650.