

SIMULASI PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI MENGGUNAKAN ELECTRICAL TRANSIENT ANALYSIS PROGRAM

Damis Hardiantono¹⁾, Yohanis Letsoin¹⁾, Frederik Haryanto Sumbung¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik – Universitas Musamus

Email : damiz@unmus.ac.id

Abstrak

Kontinuitas penyaluran daya listrik pada jaringan distribusi salah satunya ditentukan oleh baik tidaknya kualitas tegangan dalam jaringan tersebut. Kualitas tegangan itu sendiri diindikasikan dengan besarnya naik dan turunnya tegangan distribusi yaitu sebesar +5% dan -10% sesuai dengan Standar PLN (SPLN) 72:1987 tentang spesifikasi desain untuk jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR). Studi kasus dalam penelitian ini adalah Penyulang Merkuri Kurik dengan panjang saluran 176,31 kms dan beban yang dilayani sebesar 783,3 kW. Tegangan nominal pada penyulang ini turun menjadi 17,58 kV atau berada di bawah dari penurunan level tegangan yang dipersyaratkan yaitu sebesar 18 kV dengan demikian perlu penanganan dengan segera untuk mengatasi penurunan tegangan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbaikan kualitas tegangan di penyulang Merkuri Kurik sehingga berada dalam level tegangan yang dipersyaratkan. Sementara metode yang digunakan adalah dengan melakukan simulasi pemasangan penyulang ekspres (*express feeder*) pada penyulang tersebut dengan menggunakan Electrical Transient Analysis System (ETAP). Hasil yang diperoleh yaitu pada kondisi existing khususnya pada pelayanan beban area ArahSalor-1-1 yang meliputi bus 17 sebesar 11,78%, bus 187-1-1-1-1 sebesar 11,74% dan bus 185-1-1-1-1 sebesar 11,64%. Namun setelah pemasangan express feeder bus 17 sebesar 3,05%, bus 187-1-1-1-1 sebesar 3,02% dan bus 185-1-1-1-1 sebesar 3,10%. Dengan demikian kualitas tegangan pada penyulang Merkuri Kurik dapat diperbaiki sehingga berada dalam level tegangan yang dipersyaratkan SPLN 72:1987.

Kata Kunci: kualitas tegangan, jaringan distribusi, simulasi ETAP, express feeder

PENDAHULUAN

Tegangan jaringan distribusi umumnya dikategorikan, menjadi; a) Jaringan distribusi primer atau dikenal sebagai Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan tegangan operasi nominal 20 kV / 11,6 kV; b) Jaringan distribusi sekunder atau dikenal sebagai Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasi nominal 380 V / 220 V [1]. Keandalan pasokan energi listrik menjadi fokus utama PT. PLN (Persero) area Merauke [2] untuk saat ini. Perbaikan keandalan pasokan energi listrik tersebut dilakukan dengan berbagai alternatif antara lain; pemasangan kapasitor bank [3], penambahan gardu sisipan [4] hingga perencanaan pemasangan ekspress feeder (*express feeder*). Alternatif yang dilakukan tersebut sebagai upaya menjaga agar drop tegangan senantiasa dalam level yang

dipersyaratkan, yaitu; +5% dan -10% sesuai dengan SPLN 72:1987 [5].

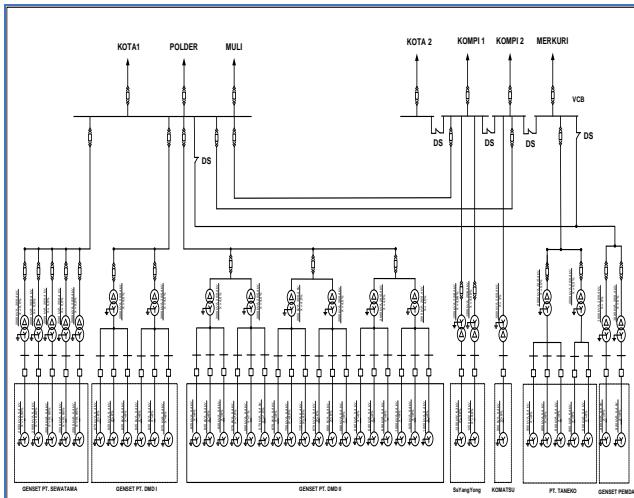
Baik tidaknya kualitas tegangan pada jaringan distribusi, salah satu indikatornya ditentukan dari level tegangan apakah berada dalam interval level tegangan yang dipersyaratkan SPLN tersebut. Jika tidak maka harus dilakukan upaya untuk melakukan perbaikan level tegangan sehingga kualitas tegangan menjadi baik [6].

Perkembangan selanjutnya dalam kemajuan komputasi / programming, maka persoalan yang dihadapi terkait kualitas tegangan jaringan distribusi dapat dianalisis dengan model simulasi sebelum diimplementasikan pada kondisi real di lapangan. Salah satu model programming dalam analisis sistem distribusi yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan *Electrical Transient Analysis*

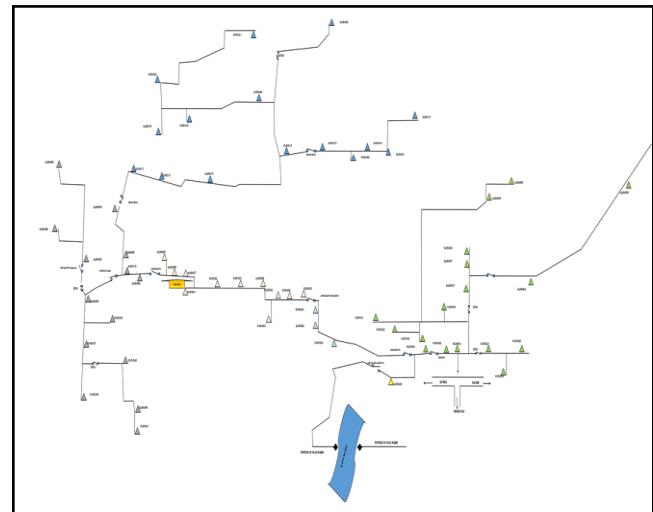
System (ETAP). ETAP merupakan perangkat lunak yang dapat menganalisis aliran daya (*load flow analysis*), arus hubung singkat (*short circuit analysis*), stabilitas transien (*transient analysis*) dan sebagainya. Analisis dilakukan berdasarkan data-data masukan dan diagram segaris (*single line diagram*) sistem. Salah satu kelebihan ETAP tersebut adalah dapat melakukan analisis dengan jumlah bus yang banyak dan sistem yang lebih kompleks [7]. Untuk melihat performa sistem dalam kondisi normal (*steady state*) maka dilakukan analisis aliran daya dan dapat dijadikan pedoman atau sebagai data awal untuk perbaikan mutu tegangan dan dapat digunakan untuk menghitung perencanaan suatu sistem tenaga listrik baru [8].

STUDI KASUS

Studi kasus dalam penelitian ini berada pada jaringan distribusi di PT. PLN (Persero) area Merauke yang berpusat di PLTD Kelapa Lima seperti yang terlihat pada gambar 1, khususnya di penyulang Merkuri Kurik pada gambar 2 [1].



Gambar 1. Single Line Diagram PLTD Kelapa Lima Merauke



Gambar 2. Single Line Diagram Penyulang Merkuri Kurik

Selain itu, data-data umum yang dibutuhkan dalam simulasi perbaikan kualitas tegangan pada jaringan distribusi area Merauke adalah data-data berupa : data generator (tabel 1), data transformator (2) dan data penghantar (tabel 3).

Tabel 1. Data Generator PLTD Kelapa Lima Merauke

Unit Trafo	Jlh. (Unit)	Cap. (kV)	Teg. (kV)	Reak. (%)
SEWATAMA	5	2000	20/0,4	6,57
DAYA	8	2000	20/0,4	6,57
MANUNGGAL				
DIESEL I & II				
SSYANGYONG	2	1250	20/6,3	4,5
KOMATSU	1	1000	20/0,4	3
TANEKO	2	2000	20/0,4	4,5
PEMDA	2	1000	20/0,4	3

Tabel 2. Data Transformator PLTD Kelapa Lima Merauke

SPD UNIT	Jum. (Unit)	Cap./U nit (kVA)	Teg (kV)	Reak./U nit (%)
SEWATAMA	5	2000	0,4	10,9
DAYA				
MANUNGGAL DIESEL (DMD) I	4	625	0,4	8
DAYA				
MANUNGGAL DIESEL (DMD) I	2	675	0,4	8,5
DAYA				
MANUNGGAL DIESEL (DMD) II	1	500	0,4	7
DAYA				
MANUNGGAL DIESEL (DMD) II	2	570	0,4	7,5
DAYA				
MANUNGGAL DIESEL (DMD) II	4	625	0,4	8
DAYA				
MANUNGGAL DIESEL (DMD) II	1	670	0,4	8
DAYA				
MANUNGGAL DIESEL (DMD) II	1	675	0,4	8
DAYA				
MANUNGGAL DIESEL (DMD) II	5	680	0,4	8
DAYA				
MANUNGGAL DIESEL (DMD) II	1	700	0,4	8,5
DAYA				
MANUNGGAL DIESEL (DMD) II	1	725	0,4	8,5
DAYA				
MANUNGGAL DIESEL (DMD) II	2	1000	0,4	9
SSYANGYONG	2	1250	6,3	9,6
KOMATSU	1	900	0,4	9
TANEKO	5	900	0,4	9
PEMDA	2	1000	0,4	9

Tabel 3. Data penghantar PLTD Kelapa Lima Merauke

Lokasi Penghantar	Pjg. (meter)	Z ₁ /Z ₂ (Ohm/m)	
		R ₁ =R ₂	X ₁ =X ₂
PT. SEWATAMA	TR	10	0,0002
	TM	15	0,00402 0,005355
MAN 1	TM	15	0,00402 0,005355
	TR	11	0,00022 0,002816
MAN II	TM	30	0,00804 0,01071
	TR	11	0,00022 0,002816
	TM	30	0,00804 0,01071

CATERPILAR	TR	11	0,000661	0,002541
	TM	30	0,01161	0,01137
KOMATSU II	TM	11	0,000661	0,002541
	TR	30	0,01161	0,01137
KOMATSU 14	TR	11	0,004257	0,003696
	TM	30	0,01161	0,01137
KOMATSU 15	TR	11	0,004257	0,003696
	TM	30	0,01161	0,01137
PEMDA	TR	10	0,00387	0,00336
	TM	20	0,00774	0,00758
	TM	45	0,017415	0,017055
PT.DAYA	TR	10	0,00387	0,00379
MANUNGGAL II/A	TM	15	0,00402	0,005355
	TM	20	0,00536	0,00714
PT.DAYA	TR	10	0,00387	0,00379
MANUNGGAL II/B	TM	15	0,00402	0,005355
	TM	20	0,00536	0,00714
PT.DAYA	TR	10	0,00387	0,00379
MANUNGGAL I	TM	15	0,00402	0,005355
	TM	20	0,00536	0,00714
PT.TANEKO	TR	10	0,00387	0,00379
	TM	15	0,00402	0,005355
	TM	20	0,00536	0,00714

Khusus untuk data *bus* yang melingkupi seluruh jaringan distribusi tenaga listrik area Merauke, yaitu berjumlah 985 *bus* dihitung mulai dari PLTD Merauke sebagai pusat pembangkitan sampai dengan seluruh jaringan distribusi tegangan menengah yang terpasang di distrik-distrik dalam wilayah Kabupaten Merauke.

Kasus yang akan dianalisis berada pada penyulang Merkuri Kurik dengan awal jaringan berada pada *bus* 17.

METODE PENELITIAN

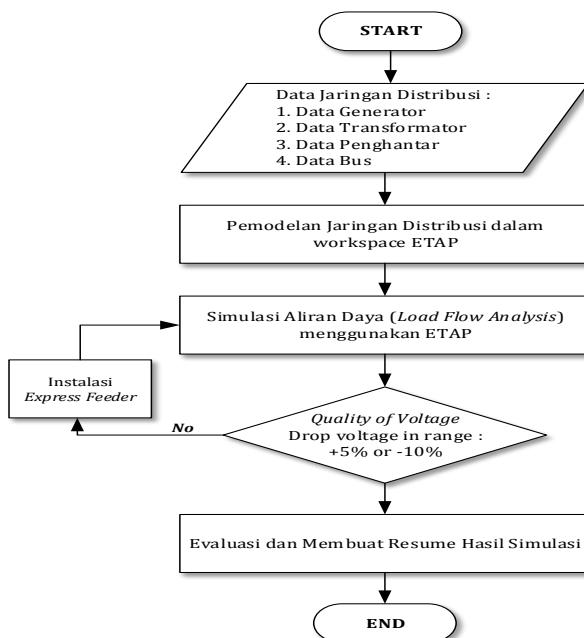
Penelitian ini dilaksanakan berbasis pada simulasi menggunakan aplikasi ETAP [9] dengan mengacu pada beberapa tahapan, antara lain :

1. Merepresentasikan sistem pada jaringan distribusi tenaga listrik area Merauke dalam workspace ETAP secara lengkap dalam

bentuk diagram satu garis (*single line diagram*).

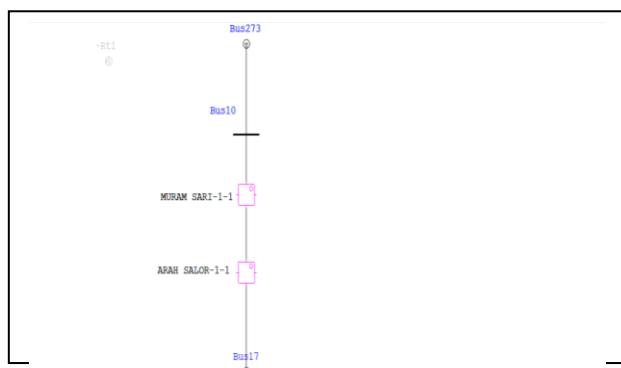
2. Menginput data-data untuk setiap komponen jaringan distribusi dalam sistem yang telah dibuat.
3. Melakukan simulasi analisis aliran daya (*load flow analysis*) pada kondisi awal sistem dan setelah sistem dipasangi *express feeder* untuk kemudian mengevaluasi kualitas tegangan pada dua kondisi tersebut.

Selengkapnya diagram alir penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada gambar 3, berikut ini:

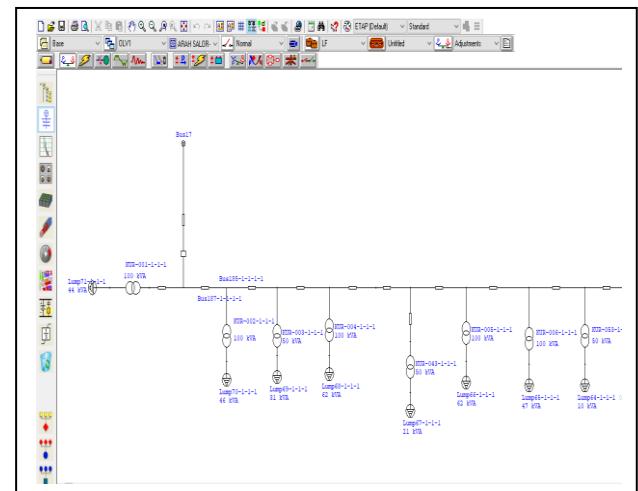


Gambar 3. Diagram alir penelitian

ETAP yang digunakan yaitu ETAP 12.6 dan representasi sistem yang telah dimodelkan dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini :



Gambar 4. Representasi jaringan penyulang Merkuri Kurik

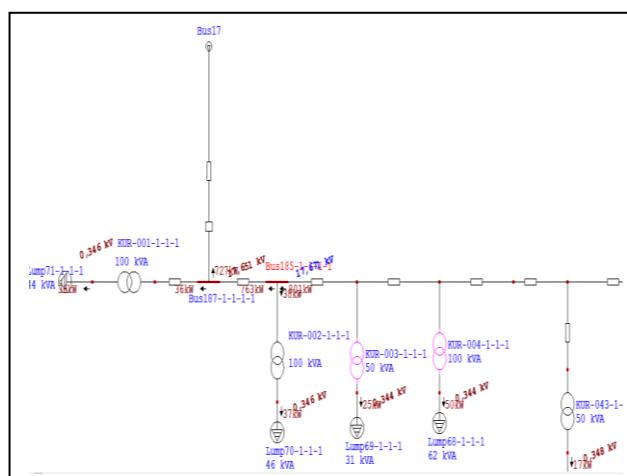


Gambar 5. Representasi jaringan (ArahSalor-1-1)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Simulasi Kondisi Awal Sistem

Simulasi ini merupakan simulasi aliran daya dan dilakukan berdasarkan representasi sistem pada gambar 4 di atas. Dimana seluruh sistem dalam kondisi normal dan tidak terdapat gangguan. Hasil simulasi aliran daya pada penyulang Merkuri Kurik pada area dengan kode ArahSalor-1-1 dalam ETAP 12.6 selengkapnya dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil simulasi aliran daya penyulang Merkuri Kurik pada kondisi awal sistem

Sebagaimana terlihat pada gambar 4, penyulang Merkuri Kurik melayani beban pada 2 (dua) area, yaitu; area dengan kode MuramSari-1-1 dan area dengan kode ArahSalor-1-1. Dalam penelitian ini yang dianalisis adalah ArahSalor-1-1, yang melingkupi 5 *bus*. Sehingga berdasarkan simulasi aliran daya pada gambar 5 di atas maka kualitas tegangan pada 5 *bus*, selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4. Kualitas tegangan pada kondisi awal jaringan distribusi penyulang Merkuri Kurik

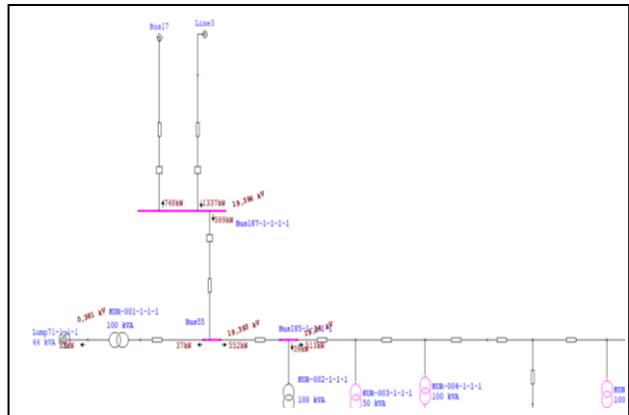
ID Bus	Teg. Nom. (kV)	Teg. Operasi (kV)	Drop Voltage (%)	Kuaitas Teg.
Bus 273	20	19,12	4,42	Stabil
Bus 10	20	19,12	4,42	Stabil
Bus 17	20	17,64	11,78	Kritis
Bus 187-1-1-1-1	20	17,65	11,74	Kritis
Bus 185-1-1-1-1	20	17,67	11,64	Kritis

Berdasarkan tabel 4 di atas terlihat bahwa pada bus 273 dan bus 10 yang masing-masing merupakan bus yang terletak pada pangkal penyulang Merkuri Kurik, level tegangannya masih menunjukkan kualitas yang baik karena drop tegangannya masih berada di bawah 10% sebagaimana yang dipersyaratkan. Namun pada bus 17, bus 187-1-1-1-1 dan bus 185-1-1-1-1 level tegangannya menjadi kritis karena drop tegangannya sudah di atas 10% sedangkan penurunan tegangan sebagaimana yang dipersyaratkan dalam SPLN 72:1987 bahwa maksimum drop tegangan maksimum 10%.

B. Simulasi Kondisi Setelah Pemasangan Express Feeder

Kondisi sebagaimana yang telah dijelaskan di atas tidak boleh dibiarkan berlangsung terus menerus karena akan dapat menyebabkan rugi-rugi daya pada jaringan [10] yang tentunya dapat berpengaruh pada kualitas penyaluran daya ke beban.

Oleh karena itu, maka salah satu langkah yang digunakan untuk mengatasi drop tegangan yang besar salah satunya dengan memasang *express feeder*. Selengkapnya hasil simulasi dengan ETAP 12.6 pada penyulang Merkuri Kurik setelah pemasangan ekspress feeder, dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil simulasi aliran daya penyulang Merkuri Kurik setelah pemasangan *express feeder*

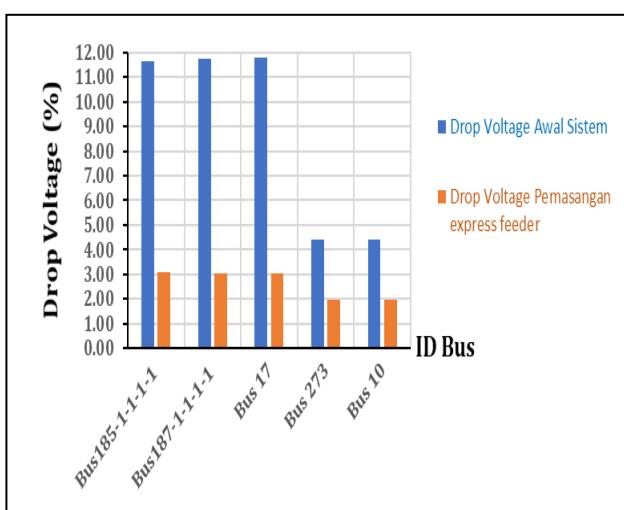
Representasi sistem pada gambar 7 di atas, telah menambahkan satu jaringan baru yang disebut sebagai *express feeder* (*line 3*). *Express feeder* ini paralel dengan line yang menghubungkan *bus* 17 dengan *bus* 187-1-1-1-1. Konsekuensi penambahan *express feeder* tersebut adalah penambahan *bus* baru dengan ID *bus* 55. Dengan demikian maka terdapat 2 (dua) jaringan yang mensuplai beban pada ArahSalor-1-1, yaitu : *jaringan existing* dan *express feeder*. Dampak pemasangan ekspress feeder tersebut selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5, berikut ini :

Tabel 5. Kualitas tegangan pada kondisi setelah pemasangan express feeder

ID Bus	Teg. Nom. (kV)	Teg. Operasi (kV)	Drop Voltage (%)	Kuaitas Teg.
Bus 273	20	19,61	1,96	Stabil
Bus 10	20	19,61	1,96	Stabil
Bus 17	20	19,39	3,05	Stabil
Bus 187-1-1-1-1	20	19,40	3,02	Stabil
Bus 185-1-1-1-1	20	19,38	3,10	Stabil

Seperti yang terlihat pada tabel 5 di atas, seluruh tegangan operasi pada bus yang terdapat di penyulang Merkuri Kurik setelah pemasangan express feeder menjadi stabil karena drop tegangan telah di bawah 10% sesuai dengan yang dipersyaratkan. Dengan demikian kualitas tegangan jaringan pada penyulang Merkuri Kurik setelah pemasangan express feeder menjadi lebih baik atau dalam kondisi stabil.

Hasil simulasi yang diperoleh pada tabel 4 dan tabel 5 selanjutnya dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan *drop tegangan* penyulang Merkuri Kurik sebelum dan setelah pemasangan *express feeder*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan untuk perbaikan kualitas tegangan pada jaringan distribusi tegangan menengah, dengan mengambil kasus pada penyulang Merkuri Kurik maka dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut :

1. Drop tegangan pada penyulang Merkuri Kurik kondisi *existing* khususnya pada pelayanan beban area ArahSalor-1-1 yang meliputi bus 17 sebesar 11,78%, bus 187-1-1-1 sebesar 11,74% dan bus 185-1-1-1 sebesar 11,64%. Namun setelah pemasangan *express feeder* bus 17 sebesar 3,05%, bus

187-1-1-1-1 sebesar 3,02% dan bus 185-1-1-1 sebesar 3,10%. Dengan demikian terjadi perbaikan kualitas tegangan pada penyulang Merkuri Kurik karena drop tegangan sudah berada dalam level drop tegangan yang dipersyaratkan SPLN 72:1987.

2. Pemasangan *ekspress feeder* pada penyulang Merkuri Kurik dapat memperbaiki kualitas tegangan operasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Hardiantono and P. Mangera, “Comparison Using Express Feeder and Capacitor Bank Allocation to Corrective Voltage Level on Primary Distribution Feeder,” *Eur. J. Electr. Eng.*, vol. 21, no. 4, pp. 355–359, 2019, doi: 10.18280/ejee.210402.
- [2] P. Mangera and D. Hardiantono, “Estimation Analysis of Long-Term Electrical Energy Needs In PT. PLN (Persero) P2B REGION MERAUKE Area Using Linear Regression Method,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Jul. 2020, vol. 1569, p. 042001, doi: 10.1088/1742-6596/1569/4/042001.
- [3] D. Hardiantono, “Perencanaan Penempatan FACTS Optimal Menggunakan Algoritma Genetika,” *Mustek Anim Ha*, vol. 1, no. 2, pp. 111–117, 2012.
- [4] I. P. Sutawinaya, I. W. Teresna, and F. Setyacahyana P., “Studi Analisis Penambahan Transformator Sisipan Untuk Menopang Beban Lebih Dan Drop Tegangan Pada Transformator Distribusi Ka 1516 Penyulang Buduk Menggunakan Simulasi Program Etap 7.0 .,” *J. Log.*, vol. 14, no. 3, pp. 133–139, 2014.
- [5] Perusahaan Umum Listrik Negara, *SPLN 72 : 1987 (Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR))*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik

Negara, 1987.

- [6] R. B. Laginda, H. Tumaliang, and S. Silimang, “Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20 KV Di Kota Tahuna,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 93–102, 2018.
- [7] B. Tri Aribowo, S. Setiawidayat, and M. Muksim, “Simulasi Dan Analisis Load Flow Sistem Interkoneksi Kalimantan Timur Menggunakan Software 12.6,” in *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2018)*, 2018, no. September, pp. 626–633.
- [8] A. G. Nigara and Y. Primadiyono, “Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAP Power Station 4.0,” *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 7–10, 2015.
- [9] K. Baby and K. L. Sreekumar, “Load Flow Analysis of 132 kV substation using ETAP Software,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 770–773, 2017.
- [10] P. Mangera and D. Hardiantono, “Analisis Rugi Tegangan Jaringan Distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) Cabang Merauke,” *Musamus J. Electro Mach. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 61–69, 2019.