

Perbaikan *Drop Voltage* Melalui *Uprating* Konduktor 70-240 mm² dan Pembangunan Penyulang 20 KV GI 70/20 kV dengan Menggunakan ETAP 12.6.0

Muhammad Dimas Septian¹, Muhamad Haddin²
Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung
Jalan Raya Kaligawe Km. 4 Semarang, Indonesia
e-mail: dimasofficial16@gmail.com

Abstrak— Permasalahan yang terjadi pada penyulang 20 kV adalah rendahnya nilai tegangan pada sisi konsumen akhir yang melewati batas -10% terhadap tegangan nominal. Hal ini disebabkan oleh penggunaan konduktor AAAC dengan luas penampang yang kecil, panjang jaringan dan meningkatnya beban listrik konsumen. Penelitian ini membahas tentang perbaikan *drop voltage* melalui *uprating* konduktor dan pembangunan penyulang 20 kV baru. Model ditetapkan sebagai sebuah jaringan sistem kelistrikan berupa *single line diagram* (SLD) 20 kV. Parameter yang ditetapkan: tegangan sistem, beban penyulang, panjang penyulang. ETAP 12.6.0 digunakan untuk simulasi perhitungan nilai *drop voltage*. Sebagai obyek penelitian ditentukan penyulang Camar GI 70/20 kV Binangga Kabupaten Parigi Moutong yang mempunyai transformator kapasitas 10 MVA dan 30 MVA. Hasil menunjukkan bahwa ETAP 12.6.0 mampu digunakan untuk simulasi perbaikan *drop voltage* melalui *uprating* konduktor 70-240 mm² 68 kms dan pembangunan penyulang 20 kV 64,5 kms GI 70/20 kV. Solusinya adalah perlu dilakukan perbaikan *drop voltage* melalui *uprating* dan pembangunan penyulang 20 kV baru untuk pecah beban. Hal ini dibuktikan dengan nilai tegangan ujung penyulang Camar yang semula 12,64 kV menjadi 18 kV.

Kata kunci: *Drop voltage, Uprating 70-240 mm², Pembangunan penyulang 20 kV, GI 70/20 kV.*

Abstract— The problem that occurs in the 20 kV feeder is the low voltage value on the end consumer side which exceeds the -10% limit of the nominal voltage. This is caused by the use of AAAC conductors with a small cross-sectional area, the length of the network and the increasing consumer electricity load. This study discusses the improvement of the voltage drop through conductor uprating and the construction of a new 20 kV feeder. The model is defined as an electrical system network in the form of a 20 kV single line diagram (SLD). The parameters specified are: system voltage, feeder load, feeder length. ETAP 12.6.0 is used for the simulation of the voltage drop calculation value. As the object of the study, the Camar feeder of GI 70/20 kV Binangga, Parigi Moutong Regency, which has a transformer capacity of 10 MVA and 30 MVA. The results show that ETAP 12.6.0 is capable of being used to simulate voltage drop improvement through uprating of 70-240 mm² conductors for 68 kms and construction of 20 kV feeders for 64.5 kms of 70/20 kV GI. The solution is to improve the voltage drop through uprating and construction of new 20 kV feeders for load breaking. This is evidenced by the voltage value of the Camar feeder tip which was originally 12.64 kV to 18 kV.

Keywords: *Drop voltage, Uprating 70-240 mm², Construction of 20 kV feeders, 70/20 kV GI.*

I. PENDAHULUAN

Gardu Induk (GI) berfungsi menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit menuju penyulang 20 kV yang didistribusikan melalui gardu distribusi ke pelanggan diantaranya pelanggan industri, kantor-kantor pemerintah hingga rumah-rumah pelanggan melalui kubikel penyulang 20 kV. Kualitas energi listrik yang didistribusikan dapat ditentukan dari kualitas tegangan yang diterima oleh

pelanggan. Proses distribusi energi listrik tersebut terdapat rugi - rugi daya yang mengakibatkan susut [1].

GI 70/20 kV Binangga yang berlokasi di Kabupaten Parigi Moutong Provinsi Sulawesi Tengah mempunyai trafo tenaga dengan kapasitas 10 dan 30 MVA yang menyuplai 5 (lima) penyulang untuk melayani kebutuhan energi listrik di wilayah tersebut. GI ini Terletak disepanjang garis pantai pada sebagian Kabupaten Parigi Moutong sehingga 3 (tiga) penyulang keluaran GI 70/20 kV

Binangga yang memiliki panjang lebih dari 128 kms adalah penyulang Camar, Arjuna, dan Dewata. Penyulang Camar adalah penyulang yang mempunyai beban 6,5 MW di waktu beban puncak (WBP).

Permasalahan yang terjadi pada penyulang Camar adalah *drop voltage* 12,64 kV pada ujung jaringan (*dead end*), hal ini disebabkan oleh: meningkatnya beban pada penyulang (197 A), panjang penyulang 128 kms, sedangkan konduktor yang digunakan mempunyai luas penampang 35-70 mm². Kondisi eksisting mengakibatkan kinerja susut tegangan pada konsumen di Unit Layanan Pelanggan (ULP) Parigi sebesar 2.573.732 kWh (20,75%) per bulan. Dampak dari kondisi ini adalah menurunnya tegangan ujung sebesar 12,64 kV atau berkurang 8 kV dari tegangan normal di penyulang Camar.

Solusinya adalah perlu dilakukan perbaikan *drop voltage* melalui *uprating* dan pembangunan penyulang 20 kV untuk pecah beban. Penelitian ini membahas tentang perbaikan *drop voltage* 20 kV melalui *uprating* konduktor 70-240 mm² dan pembangunan penyulang 20 kV GI 70/20 kV Binangga dengan menggunakan *software* simulasi. Sebagai obyek yang diteliti adalah penyulang Camar GI 70/20 kV Binangga Kabupaten Parigi Moutong Provinsi Sulawesi Tengah.

II. STUDI PUSTAKA

Referensi penelitian sebelumnya tentang *drop voltage* digunakan sebagai rujukan dan pembandingan, diantaranya: Analisa pecah beban penyulang KB 5 di PLN Rayon Koba terkait perbaikan tegangan dan susut. Penelitian ini merupakan simulasi menggunakan data pendukung diantaranya pengukuran gardu di waktu beban puncak dengan jarak titik gardu distribusi. Tegangan ujung sebelum dilakukan pecah beban adalah 17,9 kV dimana belum sesuai standar PLN yaitu 5% batas maksimal dan 5% batas minimal, maka penyulang KB 5 harus dilakukan pecah beban agar tegangan ujung mengalami kenaikan [2].

Analisa pecah beban penyulang Metro yang berlokasi di Unit Layanan Pelanggan Tanjung Pandan. Hasil menunjukkan perbaikan tegangan jatuh serta penentuan lokasi pecah beban melalui simulasi *load flow*. Panjang penyulang sebesar 96 kms mengalami susut dan *drop* tegangan dengan menggunakan *system radial* sehingga saat terjadi gangguan menyebabkan sistem 20 kV padam sampai ujung pelayanan. Tegangan ujung penyulang sebesar 18,68 kV belum sesuai dengan standar PLN minimal sebesar 5% dari tegangan nominal [3].

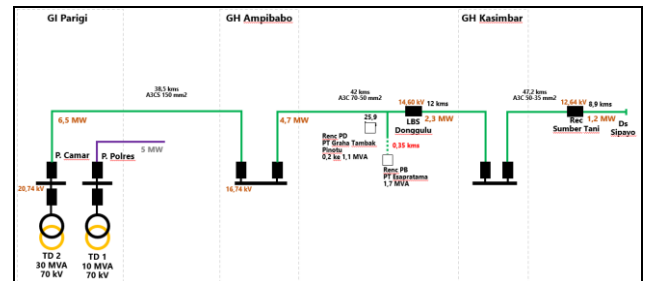
Analisa *drop* tegangan jaringan distribusi 20 kV Feeder SYG 05 GI Sayung UP3 Demak. Hasil menunjukkan bahwa *drop voltage* pada jaringan distribusi penyulang Sayung 05 pada fasa R sebesar 1,5%, S sebesar 0,92% dan T sebesar 0,86% masih memenuhi standar PLN sesuai SPLN 72:1987 [4].

Analisis rugi - rugi daya dan jatuh tegangan pada SUTT 150 kV Pekalongan - Comal dengan menggunakan ETAP, hasil menunjukkan rugi-rugi daya 744,6 kW sesuai perhitungan *manual*, sedangkan 644,34 kW berasal dari simulasi ETAP 19.0.1. [5].

III. METODE

A. Model Penelitian

Distribusi energi listrik ke pelanggan yang terbagi menjadi 2 (dua) diantaranya Tegangan Menengah (TM) dengan tegangan kerja diatas 1 kV - 35 kV dan Tegangan Rendah (TR) dengan tegangan kerja maksimal 1 kV. Jaringan Tegangan Menengah 20 kV diawali dari Gardu Induk (GI) dan dari pembangkit untuk sistem *isolated* berbentuk *radial* [6], seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



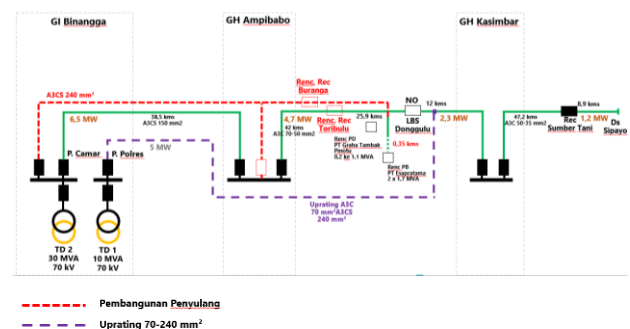
Gambar 1. Single Line Diagram 20 kV Eksisting Penyulang Camar.

Apabila diketahui nilai besarnya arus [I], Δv [volt], besarnya jatuh tegangan dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$q = \frac{1,73 \times L \times I \times \cos \phi}{\Delta v \times \lambda} [mm^2] \quad (1)$$

dengan: q = penampang penghantar (mm²)
 $1,73$ = konstanta sistem 3 fasa ($\sqrt{3}$)
 $\cos \phi$ = faktor daya
 Δv = *drop voltage* (volt)
 L = panjang penghantar (ms)
 I = arus penyulang (A)
 λ = konduktivitas penghantar
 $Cu = 56$; Aluminium = 32,7

Memperhatikan *range* tegangan pasok, pada kondisi pelayanan normal direkomendasikan bahwa tegangan pada terminal pasok perbedaannya tidak boleh lebih besar dari $\pm 10\%$ dari tegangan nominal sistem [7]. Model penelitian ditentukan sebagai sistem kelistrikan GI 70/20 kV untuk perbaikan *drop voltage* adalah penyulang Camar. Penentuan model ditentukan melalui *single line diagram* GI 70/20 kV dan penyulangannya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Single Line Diagram Uprating dan Bangun Penyulang 20 kV.

pada Gambar 7 diatas didapatkan data tegangan per *section* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

[illegible]

Gambar 7. Simulasi Kondisi Sistem Eksisting.

Tabel 3. Hasil Simulasi ETAP 12.6.0 Per *Section*.

Uraian	Sat	GI Binangga	GH Ampibabo	LBS Donggulu	GH Kasimbar
Tegangan JTM (Tegangan GI - Δv)	kV	20,59	16,54	14,3	13,11

$$\Delta v = \frac{1,73 \times 38.500 \times 170 \times 0,88}{70 \times 32,7} [volt]$$
$$\Delta v = \frac{9,975,627}{2,289} [volt]$$
$$\Delta v = 4.358 \text{ volt}$$

Merujuk persamaan (1), dapat dihitung *drop voltage* masing-masing *section* pada penyulang Camar seperti rekap yang ditunjukkan pada Tabel 4.



Untuk menggambarkan profil tegangan penyulang Camar eksisting yang melayani pelanggan di Donggulu maka dibutuhkan analisa menggunakan simulasi, seperti ditunjukkan melalui Gambar 7. Berdasarkan hasil simulasi

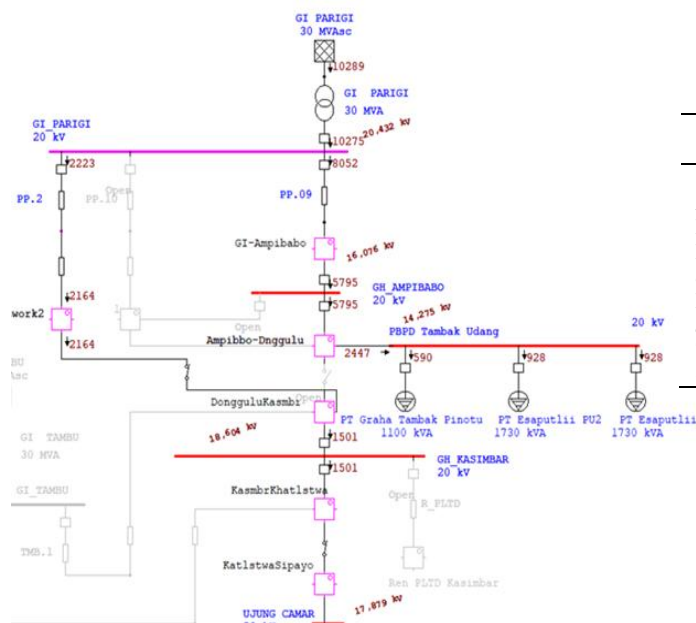
Tabel 4. Hasil Perhitungan *Drop Voltage* Per Section.

Uraian	Sat	GI Binangga	GH Ampibabo	LBS Donggulu	GH Kasimbar
$\sqrt{3}$		1,732	1,732	1,732	1,732
Arus (I)	A	197	157,1	75	44
Panjang Saluran (L)	meter	50	38.500	80.500	128.000
Penampang (q)	mm ²	150	70	50	35
$\cos \phi$		0,88	0,88	0,88	0,88
Konduktivitas (λ)		32,7	32,7	32,7	32,7
drop voltage (Δv)	kV	0	4,03	5,63	7,5
Tegangan JTM (Tegangan GI - Δv)	kV	20,6	16,57	14,97	13,1

2. Uprating Penyulang Polres dari 70 mm² menjadi 240 mm².

Dilakukan *uprating* penyulang Polres dari 70 mm² menjadi 240 mm² sepanjang 68 kms dari GI 70/20 kV Binangga sampai Desa Donggulu untuk melayani pelanggan penyulang Camar eksisting di *section Load Break Switch* Donggulu sampai Desa Sipayo. Dilakukannya *manuver* sebagian beban berdampak pada berubahnya fungsi *Load Break Switch* Donggulu dari *Normally Closed* menjadi *Normally Open* selain itu juga menjadi titik *manuver* apabila terjadi gangguan permanen. *Single line diagram* 20 kV *uprating* penyulang Polres dari GI 70/20 kV Binangga ke Donggulu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Untuk menggambarkan profil tegangan penyulang Polres yang melayani pelanggan penyulang Camar eksisting di *section Load Break Switch* Donggulu sampai Desa Sipayo dibutuhkan analisa menggunakan ETAP 12.6.0 dengan hasil simulasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Simulasi Sistem setelah *Uprating* Penyulang Polres.

3. Pembangunan Penyulang 20 kV dari Gardu Induk 70/20 kV Binangga ke Desa Donggulu.

Dilakukan pembangunan penyulang sepanjang 64,5 kms dengan spesifikasi penampang 240 mm² dari GI 70/20 kV Binangga sampai Desa Donggulu untuk melayani pelanggan penyulang Camar eksisting dan sebagian pelanggan eksisting tambak udang yang telah beroperasi serta calon pelanggan tambak udang. *Single line diagram* 20 kV pembangunan penyulang dari GI 70/20 kV Binangga ke Desa Donggulu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Beroperasinya 3 (tiga) penyulang dari GI 70/20 kV Binangga dapat menggambarkan profil tegangan masing-masing penyulang di waktu beban puncak dengan mengoptimalkan beban seluruh pelanggan maka dibutuhkan analisa menggunakan ETAP 12.6.0 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 2 didapatkan data tegangan per *section* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Tegangan Hasil Simulasi ETAP 12.6.0 Per Penyulang.

Penyulang	Sat	GI Binangga	GH Ampibabo	LBS Donggulu	GH Kasimbar	Ujung
Camar	kV	20,59	18,45	-	-	18
Polres	kV	20,59	-	19,4	18,72	18
Donggulu	kV	20,59	-	18,75	-	18,75

Merujuk persamaan (1), dapat dihitung juga dimasing-masing *section* penyulang Camar, Polres dan Donggulu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6 sampai 8.

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Drop Voltage* Penyulang Camar.

Uraian	Satuan	GI Binangga	GH Ampibabo
$\sqrt{3}$		1,732	1,732
Arus (<i>I</i>)	A	146,7	85,7
Panjang Saluran (<i>L</i>)	meter	50	38.500
Penampang (<i>q</i>)	mm ²	150	70
$\cos \phi$		0,88	0,88
Konduktivitas (λ)		32,7	32,7
<i>drop voltage</i> (Δv)	kV	0	2,2
Tegangan JTM (Tegangan GI - Δv)	kV	20,6	18,4

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Drop Voltage* Penyulang Polres.

Uraian	Sat	GI Binangga	LBS Donggulu	GH Kasimbar
$\sqrt{3}$		1,732	1,732	1,732
Arus (<i>I</i>)	A	71,9	71,9	50
Panjang Saluran (<i>L</i>)	meter	50	80.500	128.000
Penampang (<i>q</i>)	mm ²	240	240	163
$\cos \phi$		0,88	0,88	0,88
Konduktivitas (λ)		32,7	32,7	32,7
<i>drop voltage</i> (Δv)	kV	0	1,12	1,83
Tegangan JTM (Tegangan GI - Δv)	kV	20,5	19,38	18,67

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Drop Voltage* Penyulang Donggulu.

Uraian	Satuan	GI Binangga	LBS Donggulu
$\sqrt{3}$		1,732	1,732
Arus (<i>I</i>)	A	86,8	82,7
Panjang Saluran (<i>L</i>)	meter	50	80.500
Penampang (<i>q</i>)	mm ²	240	240
$\cos \phi$		0,88	0,88
Konduktivitas (λ)		32,7	32,7
<i>drop voltage</i> (Δv)	kV	0	1,34
Tegangan JTM (Tegangan GI - Δv)	kV	20,5	19,16

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil *running* simulasi dan perhitungan *drop voltage* sesuai Tabel 5 sampai 8 menyimpulkan perubahan kenaikan tegangan yang lebih baik dari sebelum dilakukan *uprating* dan pecah beban. Kondisi ini menyatakan bahwa beban sudah optimal sebesar 80% dari daya kontrak PLN serta penambahan calon pelanggan daya besar maka dapat analisa sebagai berikut: Perbaikan *drop voltage* melalui *uprating* penyulang Polres 70/240 mm² mampu memberikan dampak penurunan *drop voltage* penyulang Camar di GH Ampibabo yang sebelumnya 14,27 kV menjadi 17,9 kV (Δv sebesar 29% menjadi 10,5% dari tegangan nominal) dengan catatan pelanggan Tambak Udang belum disuplai penuh dari penyulang Camar tetapi masih belum memenuhi Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) T6.001 Tahun 2013.

Pengembangan sistem melalui pembangunan penyulang 20 kV dari Gardu Induk 70/20 kV Binangga ke Desa Donggulu serta melakukan *manuver* sebagian beban penyulang Camar ke penyulang Polres dan Donggulu memberikan dampak penurunan *drop voltage* penyulang Camar di GH Ampibabo yang sebelumnya 17,9 kV menjadi 18,4 kV (Δv sebesar 10,5% menjadi 8% dari tegangan nominal) dengan pelanggan Tambak Udang sudah disuplai penuh dari penyulang Donggulu dan memenuhi Standar Perusahaan Listrik Negara.

Beroperasinya penyulang Camar, Polres dan Donggulu memberikan dampak penurunan *drop voltage* diujung penyulang Camar yang sebelumnya 12,11 kV menjadi 18,4 kV (Δv sebesar 39,5% menjadi 8% dari tegangan nominal) dengan melakukan *manuver* beban penyulang Camar dan telah memenuhi Standar Perusahaan Listrik Negara. Pola operasi sistem distribusi 20 kV lebih handal dengan penambahan titik *manuver* beban seperti *Load Break Switch* dan *Recloser* dimasing-masing penyulang. Pelanggan daya besar eksisting dan calon pelanggan daya besar mampu disuplai sepenuhnya dari Gardu Induk 70/20 kV Binangga. Hasil simulasi dan perhitungan *drop voltage* yang ditunjukkan pada Tabel 4.8 sampai 4.10 dimasing-masing kondisi tidak terdapat perbedaan *drop voltage* yang besar, kondisi ini masih dapat dioptimalkan dengan menaikkan tegangan pangkal Gardu Induk menjadi 21 kV yang sebelumnya 20,5 kV. Spesifikasi trafo distribusi yang terpasang mempunyai 5 (lima) dan 7 (tujuh) tap trafo dengan nilai tegangan tertinggi 21 kV/400 V dan terendah sebesar 18 kV/400 V, menindaklanjuti hal tersebut harus dilakukan perubahan tap trafo distribusi agar tegangan pangkal gardu distribusi sebesar 400 V. Berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara T6.001 tahun 2013 perihal Tegangan-Tegangan Standar dapat disimpulkan bahwa hasil *running* simulasi dan hasil perhitungan *drop voltage* masih memenuhi standar tegangan yang ditetapkan batas tertinggi +5% dan batas terendah -10% terhadap tegangan nominal. Hasil

perhitungan *drop voltage* waktu beban puncak penyulang Camar diperoleh 8% sedangkan hasil simulasi sebesar 8% di *section* ujung penyulang Camar yang sebelumnya 39,5%.

V. KESIMPULAN

Melakukan *uprating* penyulang 70-240 mm² dan pembangunan penyulang 20 kV efektif memberikan perubahan kenaikan tegangan ujung penyulang di waktu beban puncak. Menggunakan ETAP 12.6.0 harus memiliki data aset kondisi eksisting serta data calon pelanggan daya besar. Hasil perhitungan *drop voltage* penyulang Camar diperoleh 8% sedangkan hasil simulasi ETAP 12.6.0 sebesar 8% di *section* ujung penyulang Camar yang sebelumnya sebesar 39,5 % di waktu beban puncak. *Drop voltage* masih dalam toleransi Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) T6.001 Tahun 2013.

REFERENSI

- [1] Fajar and B. Ramadhan, "Evaluasi Uji Kelayakan Trafo Daya 20 MVA GI 150 kV Berdasarkan Isolasi, Rasio dan Proteksi," 2025.
- [2] W. Belfias, E. Putra Daya, and T. Hendrawan, Analisa Pecah Beban Penyulang KB5 di PLN Rayon Koba untuk Perbaikan Tegangan dan Susut. Pangkal Pinang: Universitas Bangka Belitung, 2017.
- [3] E. A. Purnama and F. Arkan, Analisa Pecah Beban Penyulang Metro di Unit Layanan Pelanggan Tanjung Pandan. Pangkal Pinang: Universitas Bangka Belitung, 2019.
- [4] R. D. Arham, "Analisa Drop Tegangan Jaringan Distribusi 20 kV Feeder SYG 05 GI Sayung UP3 Demak," Universitas Semarang, 2021.
- [5] Z. H. V. Zafiro and M. Haddin, "Analisis Rugi-rugi Daya dan Jatuh Tegangan Pada SUTT 150 kV Pekalongan-Comal dengan Menggunakan ETAP," Universitas Islam Sultan Agung, vol. 6, no. 2, p. 159, Aug. 2024, doi: 10.28989/avitec.v6i2.2473.
- [6] R. Wibowo et al., "Kriteria Disain Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik," 2010.
- [7] PT PLN (Persero), "Tegangan Tegangan Standar," Jakarta, 2013.
- [8] T. J. Pramono, Erlina, S. Soewono, and Fatimah, "Analisa Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah dengan Menggunakan Simulasi Program ETAP," Sekolah Tinggi Teknik - PLN, 2018.