

## **ANALISIS PERBAIKAN JATUH TEGANGAN DENGAN UPRATING PENGHANTAR DI NR.06 MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP**

**Yoga Andicka Deavy<sup>1</sup>, Ade Bagus Fakhri<sup>2</sup>, Maharani Putri<sup>3</sup>**  
Teknik Listrik<sup>1,2,3</sup>, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan  
yogadeavy@students.polmed.ac.id<sup>1</sup>, adefakhri@students.polmed.ac.id<sup>2</sup>,  
maharaniputri@polmed.ac.id<sup>3</sup>

### **ABSTRAK**

Dengan bertambahnya kepadatan penduduk, maka bertambah pula kebutuhan akan energi listrik, energi listrik tidak hanya digunakan oleh rumah tangga saja, listrik juga digunakan di industri-industri, fasilitas umum, penerangan jalan, layanan jasa, dan lain sebagainya. Rendahnya kualitas sistem penyaluran sistem tenaga listrik dapat menyebabkan drop tegangan, pada saluran yang khususnya ditempat pelanggan yang paling jauh dari sumber (gandu induk), tegangan yang diterima oleh pelanggan akan lebih kecil dari tegangan nominal atau dibawah standart mutu yang telah ditetapkan oleh PT. PLN. Maka dapat dilakukan beberapa metode yang dapat dilakukan untuk memperbaiki nilai jatuh tegangan, yaitu dengan cara menaikkan luas penampang dari suatu penghantar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode uprating conductor menggunakan software ETAP. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan pemilihan penampang AAAC 150 mm<sup>2</sup> merupakan opsi terbaik dalam perbaikan jatuh tegangan yang sudah dianggap layak untuk digunakan menurut standar PLN.

**Kata Kunci** : Jatuh Tegangan, Penghantar, ETAP

### **PENDAHULUAN**

Besarnya kebutuhan dan permintaan akan energi listrik yang terus menerus meningkat, seiring dengan naiknya tarap perekonomian serta bertambahnya kepadatan penduduk, berkembangnya zaman dan teknologi yang semakin pesat pula yang mengakibatkan bertambah pula kebutuhan energi listrik. Rendahnya kualitas sistem penyaluran sistem tenaga listrik dapat menyebabkan jatuh tegangan (*voltage drop*). Oleh karena itu perlu metode untuk melakukan upaya perbaikan jatuh tegangan, dimana metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode up-rating jaringan distribusi, yang disimulasikan pada program ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) 19. Metode up-rating merupakan metode yang dilakukan dengan cara menaikkan nilai kapasitas dan besar penampang kawat penghantar pada jaringan distribusi 20 kV.

Simulasi aliran daya pada jaringan distribusi memerlukan suatu software yaitu ETAP (Electric Transient Analysis Program) 19, dan apabila hasil yang didapatkan memuaskan dan sesuai dengan standart mutu pelayanan yang telah diatur dalam SPLN No. 1 tahun 1985, maka ini perlu menjadi suatu pertimbangan bagi PT. PLN (Persero) ULP Pancur Batu untuk segera melakukan *up-rating* pada jaringan distribusi yang ada di area pelayanan PT. PLN (Persero) ULP Pancur Batu. Untuk mengetahui pengaruh metode *up-rating* untuk memperbaiki jatuh tegangan (*voltage drop*) pada jaringan distribusi pada penyulang NR.06 diperlukan pengamatan terhadap penggunaan material beserta panjang dari *conductor* tersebut, beban yang ditanggung penyulang juga salah satu hal yang mempengaruhi nilai jatuh tegangan dan juga untuk mengetahui besarnya nilai *up-rating* pada penghantar jaringan distribusi 20kV pada penyulang NR.06 diperlukan software untuk membantu mendapatkan nilai dari *up-rating* yaitu dengan software ETAP 19.

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **Uraian Teori**

##### **1. Sistem distribusi tenaga listrik**

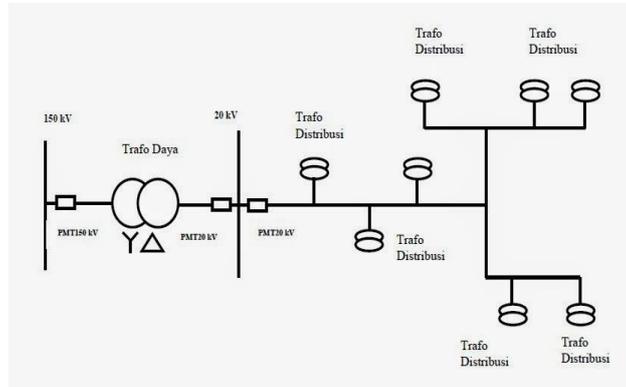
Di dalam pendistribusian tenaga listrik, dikenal dengan sistem jaringan dari sisi transmisi dan juga sistem jaringan sisi distribusi, sebagai media penyaluran listrik yang diproduksi oleh sisi pembangkitan energi listrik ke konsumen energi listrik. Sistem jaringan transmisi dan sistem jaringan distribusi dapat dibedakan dari besaran tegangan kerjanya, oleh karena itu sistem

jaringan transmisi sering juga disebut dengan sistem tegangan tinggi ataupun ekstra tinggi, dan sistem jaringan distribusi disebut dengan sistem tegangan menengah ataupun juga sistem tegangan rendah. (Sarimun dalam Juliasyah, 2020)

## 2. Jenis konfigurasi jaringan listrik

### a. Jaringan distribusi pola radial

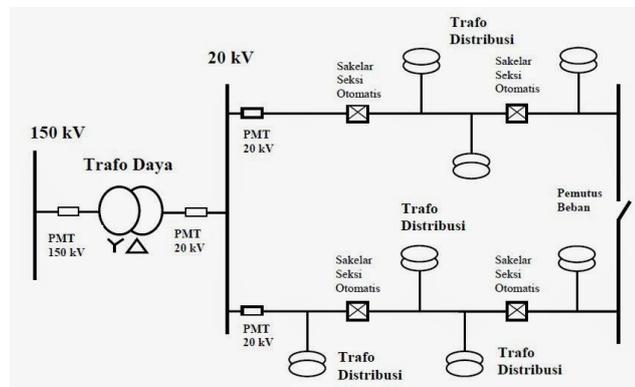
Pola radial merupakan konfigurasi jaringan primer, dan setiap salurannya hanya mampu untuk menyalurkan daya dari satu aliran daya (Watingsih dalam Murad, 2021).



Gambar 1. Jaringan Distribusi Radial  
Sumber : Murad, 2021

### b. Jaringan distribusi pola loop

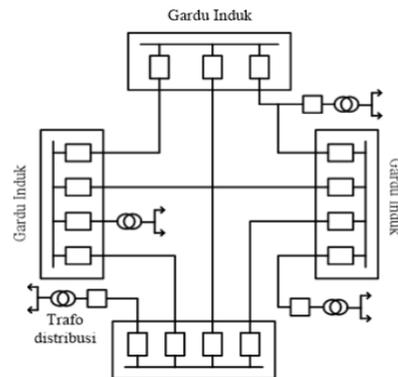
Pola konfigurasi loop merupakan jaringan yang dimulai dari pada satu titik pada rel daya, dan dikelilingi oleh beban yang kemudian akan kembali lagi ke titik rel daya yang semula. Karena sistemnya yang berbentuk *loop* maka sering disebut juga sebagai sistem cincin/gelang (Watingsih dalam Murad, 2021).



Gambar 2. Jaringan Distribusi Loop  
Sumber : Murad, 2021

### c. Jaringan distribusi pola grid

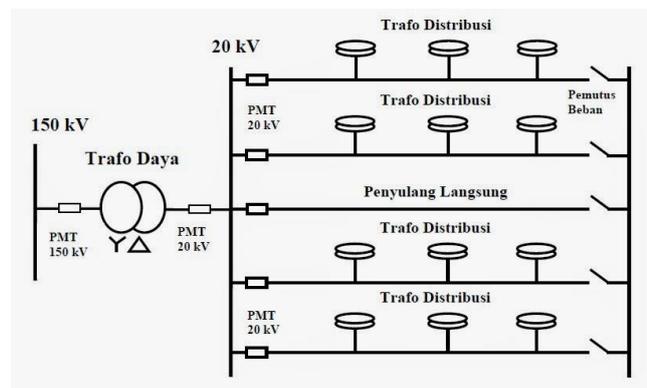
Pola Grid memiliki beberapa rel daya yang dapat dihubungkan dengan saluran penghubung yang disebut sebagai *tie feeder* (Watingsih dalam Murad, 2021).



Gambar 3. Jaringan Distribusi Pola Grid  
Sumber : Murad, 2021

d. Jaringan distribusi pola *spindle*

Pola *Spindle* adalah pengembangan dari pada pola radial dan juga loop terpisah. Dimana saluran yang keluar dari Gardu Induk (GI) akan diarahkan menuju Gardu Hubung (GH), yang nantinya akan dihubungkan dengan suatu saluran yang disebut *express feeder* (Watingsih dalam Murad, 2021).



Gambar 4. Jaringan Distribusi Pola Spindel  
Sumber : Murad, 2021

3. Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Jika transformator menerima energi pada tegangan rendah dan 11 mengubahnya menjadi tegangan yang lebih tinggi, ia disebut transformator penaik (*step-up*) (Indrawan, 2018).

4. Gardu Induk

Saluran transmisi tegangan tinggi mempunyai tegangan 70kV, 150kV, atau 500kV. Khusus untuk tegangan 500kV dalam praktek saat ini disebut sebagai tegangan ekstra tinggi. Setelah tenaga listrik disalurkan, maka sampailah tegangan listrik ke gardu induk, lalu diturunkan tegangannya menggunakan transformator step-down menjadi tegangan menengah yang juga disebut sebagai tegangan distribusi primer. (Ariowo dalam Indrawan, 2018).

5. Deskripsi Umum JTM

a. Saluran udara tengan menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah sebagai konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama. Konstruksi ini terbanyak digunakan untuk konsumen jaringan Tegangan Menengah yang digunakan di Indonesia. Ciri utama jaringan ini adalah penggunaan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi/beton (Buku 5, 2010).

b. Saluran kabel udara tegangan menengah (SKUTM)

Untuk lebih meningkatkan keamanan dan keandalan penyaluran tenaga listrik, penggunaan penghantar telanjang atau penghantar berisolasi setengah pada konstruksi jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV, dapat juga digantikan dengan konstruksi penghantar berisolasi penuh yang dipilin (Buku 5, 2010).

c. Saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM)

Konstruksi SKTM ini adalah konstruksi yang aman dan andal untuk mendistribusikan tenaga listrik Tegangan Menengah, tetapi relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama. Keadaan ini dimungkinkan dengan konstruksi isolasi penghantar per Fase dan pelindung mekanis yang dipersyaratkan. Pada rentang biaya yang diperlukan, konstruksi ditanam langsung adalah termurah bila dibandingkan dengan penggunaan konduit atau bahkan *tunneling* (terowongan beton) (Buku 5, 2010).

6. Jatuh Tegangan

Tegangan Jatuh atau drop voltage adalah besar penurunan atau kehilangan nilai tegangan listrik pada suatu penghantar dari nilai tegangan normalnya, atau bisa juga disebut bahwa tegangan jatuh adalah selisih antara besar tegangan pangkal (Sumber) dengan besar tegangan ujung (beban) dari suatu instalasi listrik (Lily dalam Suprianto, 2018). Untuk tiga fasa *line to line* penurunan tegangan adalah  $\sqrt{3}$  dikali dengan nilai drop tegangan. Dengan demikian persamaan untuk saluran 3 fasa sebagai berikut : (Hadisantoso, 2016)

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times l (R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (1)$$

Keterangan :

$\Delta V$  = Jatuh tegangan (Volt)

$I$  = Arus yang mengalir (Ampere)

$R$  = Tahanan saluran (Ohm)

$l$  = Panjang Penghantar

$\theta$  = Sudut dari factor daya beban

Untuk mencari presentase jatuh tegangan

$$\% \Delta V = (\Delta V / V_{in}) \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

$\% \Delta V$  = Presentase jatuh tegangan

$\Delta V$  = Jatuh tegangan

$V_{in}$  = Tegangan Input

7. Software Etap 19

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. 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 didalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. (Indrawan, 2018).

## METODE PENELITIAN

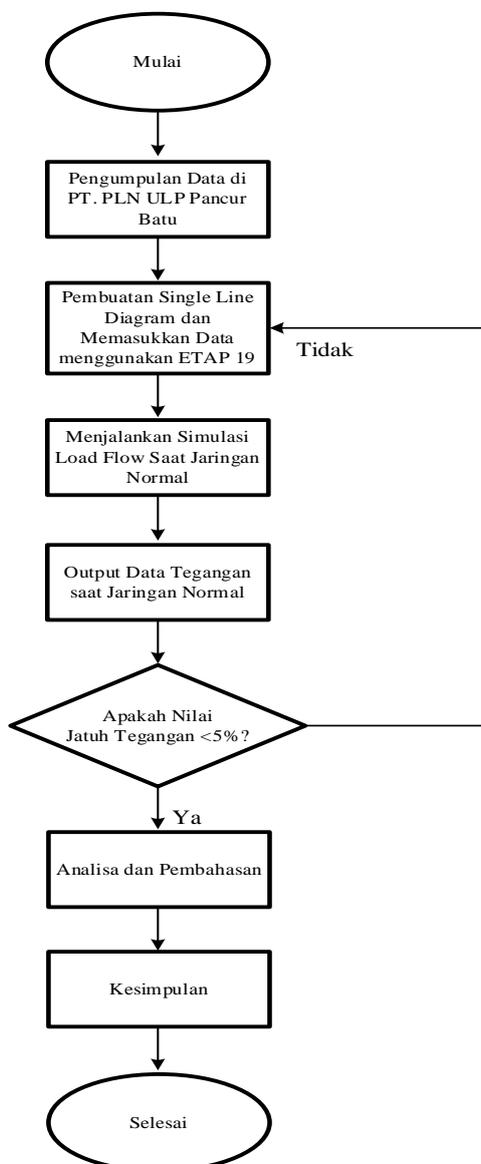
### Desain Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan untuk mendapatkan data hingga mensimulasikan software ETAP sebagai berikut:

1. Siapkan Stick 20 kV dan Tang Ampere 20 kV beserta gunakan perlengkapan APD ( Sarung tangan 20 kV dan helm safety)
2. Hidupkan tang ampere lalu naikan stick 20 kV hingga menyentuh HUTM
3. Diamkan beberapa detik lalu pindahkan stick ke tiap fasa
4. Turunkan dan catat hasil pengukuran
5. Rancang single line diagram pada software ETAP 19
6. Masukkan hasil pengukuran kedalam software ETAP 19
7. Simulasikan software ETAP 19
8. Analisa hasil dari simulasi software ETAP 19

### Rancangan Penelitian

Adapun Rancangan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Flowchart Load Flow Jatuh Tegangan

### Objek Penelitian

Penelitian ini memvariasikan parameter proses yang diuji dari jatuh tegangan pada penyulang (yaitu, nilai beban, jenis penghantar dan panjang penghantar). Dimana uji jatuh tegangan pada penyulang menggunakan software ETAP 19.

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada wilayah kerja PT. PLN di kota Medan Sumatera Utara yakni PT. PLN ULP Pancur Batu di wilayah kerja daerah Simalingkar B.

### Model Penelitian

Dalam penelitian metode ini menggunakan studi kepustakaan, kajian-kajian dari jurnal ilmiah terkait dengan jatuh tegangan dan melakukan pengukuran secara langsung pada objek yang diteliti pada saat operasional dengan peralatan yang tersedia.

Pengujian dengan menggunakan hasil data yang telah diukur dengan cara membuat *single line diagram* pada software ETAP 19. Ketika *single line diagram* telah dibuat kemudian memasukkan data hasil pengukuran yang telah dilakukan. Setelah itu simulasikan software ETAP 19 sehingga menghasilkan data jatuh tegangan yang akan diuji.

### Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penyulang NR.06 dilakukan secara langsung ke lapangan dengan memperhatikan panjang penghantar serta beban yang ditanggung pada penyulang tersebut. Pada oenyulang NR.06 sendiri terbagi atas 3 section yang membagi jaringan dari pangkal sampai ujung Dengan begitu data yang didapatkan terdapat pada tabel 1 berikut :

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran

No.	Penyulang	Section	Panjang Penghantar (kms)	Beban (A)
1.	NR.06	L-01	4,5	25,66
2.	NR.06	L-02	9	40,59
3.	NR.06	L-03	5,5	58,69

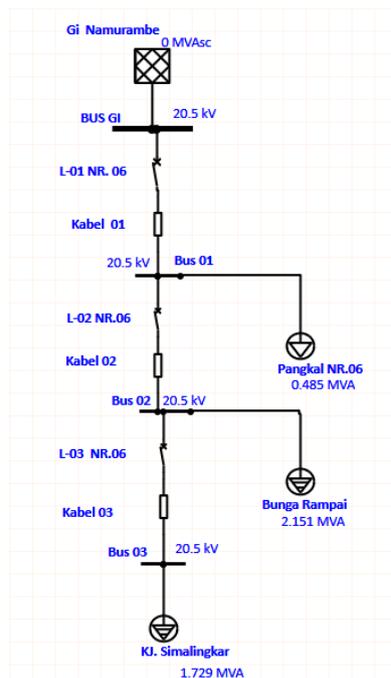
Jenis Konduktor juga harus diperhatikan untuk menentukan besar jatuh tegangan dari suatu penyulang. Konduktor yang digunakan merupakan kabel jenis AAAC dengan luas penampang 70 mm<sup>2</sup>. Kabel AAAC memiliki nilai resistansi dan reaktansi yang terdapat dalam tabel 2 :

**Tabel 2.** Spesifikasi Resistansi dan Reaktansi

No.	Jenis Konduktor	Resistansi	Reaktansi
1.	AAAC 70 mm <sup>2</sup>	0,4608 Ω/km	0,3572 Ω/km
2.	AAAC 90 mm <sup>2</sup>	0,3096 Ω/km	0,3449 Ω/km
3.	AAAC 150 mm <sup>2</sup>	0,2162 Ω/km	0,3305 Ω/km

### Teknik Analisis Data

Menganalisis dan membahas data-data yang didapat dari hasil penelitian. Analisis data dapat dilakukan dengan metode perhitungan secara manual maupun dengan aliran daya yang terdapat dalam ETAP 19. Berikut merupakan gambaran dari hasil pengujian. Berikut merupakan model jaringan penyulang NR.06 menggunakan Software Etap 19.



Gambar 6. Model Jaringan Penyulang NR.06 Menggunakan Software Etap 19  
Sumber: Penulis, 2022

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Jatuh Tegangan Sebelum Uprating Penghantar

Tabel 3. Hasil Perhitungan Melalui Simulasi Etap 19 Sebelum di-uprating

No.	Section	Beban (A)	$\Delta V$ %
1.	L-01	13,66	3.26
2.	L-02	60,55	1.73
3.	L-03	48,69	0.81

Dari hasil perhitungan berdasarkan simulasi Etap yang dimana menggunakan penghantar AAAC 70 mm<sup>2</sup>, didapat bahwa *drop* tegangan pada penyulang NR 06 pada section L-01 dengan beban sebesar 13,6 A sebesar 0,75 %, lalu *drop* tegangan pada section L-02 dengan beban 60,55 A sebesar 2,39 %, sedangkan *drop* tegangan pada section L-03 dengan beban 48,69 A sebesar 1,25 %.

### Perhitungan Jatuh Tegangan Sesudah Uprating Penghantar

#### 1. Penghantar AAAC 90 mm<sup>2</sup>

Tabel 4. Hasil Perhitungan Melalui Simulasi Etap 19 Menggunakan Penghantar AAAC 90 mm<sup>2</sup>

No.	Section	Beban (A)	$\Delta V$ %
1.	L-01	13,66	1,93
2.	L-02	60,55	5,35
3.	L-03	48,69	3,02

Dari hasil perhitungan berdasarkan simulasi Etap yang dimana menggunakan penghantar AAAC 90 mm<sup>2</sup>, didapat bahwa *drop* tegangan pada penyulang NR 06 pada section L-01 dengan beban sebesar 13,6 A sebesar 1,08 %, lalu *drop* tegangan pada section L-02 dengan beban 60,55 A sebesar 3,43 %, sedangkan *drop* tegangan pada section L-03 dengan beban 48,69 A sebesar 1,80 %.

#### 2. Penghantar AAAC 150 mm<sup>2</sup>

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan Melalui Simulasi Etap 19 Menggunakan Penghantar AAAC 150 mm<sup>2</sup>

No	Section	Beban (A)	$\Delta V$ %
1	L-01	13,66	0,75
2	L-02	60,55	2,39
3	L-03	48,69	1,25

Dari hasil perhitungan berdasarkan simulasi Etap yang dimana menggunakan penghantar AAAC 150 mm<sup>2</sup>, didapat bahwa *drop* tegangan pada penyulang NR 06 pada section L-01 dengan beban sebesar 13,6 A sebesar 0,75 %, lalu *drop* tegangan pada section L-02 dengan beban 60,55 A sebesar 2,39 %, sedangkan *drop* tegangan pada section L-03 dengan beban 48,69 A sebesar 1,25 %.

### Perbandingan Hasil Perhitungan Sebelum dan Sesudah Uprating

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat dievaluasi bahwa terjadinya jatuh tegangan pada jaringan distribusi dikarenakan pengaruh dari panjang penghantar dan arus yang terdapat pada penyulang NR.06. Dari hasil perhitungan melalui simulasi software Etap 19, didapatkan total jatuh tegangan pada tabel 6 berikut :

**Tabel 6.** Perbandingan Hasil Jatuh Tegangan Berdasarkan Jenis Penampang

No.	Section	$\Delta V$ %
1.	AAAC 70 mm <sup>2</sup>	10,3
2.	AAAC 90 mm <sup>2</sup>	6,31
3.	AAAC 150 mm <sup>2</sup>	4,4

Berdasarkan dari hasil perbandingan didapatkan bahwa pada penampang AAAC 70 mm<sup>2</sup> persentase jatuh tegangan melalui simulasi Etap sebesar 10,3%. Pada penampang AAAC 90 mm<sup>2</sup> persentase jatuh tegangan melalui simulasi Etap sebesar 6,31%. Pada penampang AAAC 150 mm<sup>2</sup> persentase drop tegangan melalui simulasi Etap sebesar 4,4%.

Sesuai dengan hasil perhitungan dan simulasi dari Etap diatas didapatkan bahwa nilai drop tegangan terjadi berdasarakan teknis yaitu akibat jarak penghantar, luas dan jenis penghantar beserta beban yang ditanggung oleh penyulang itu sendiri. Mengacu pada standarisasi PLN yang mengatakan bahwa besar toleransi jatuh tegangan yang diizinkan -10%. Penghantar yang digunakan oleh NR.06 sendiri menggunakan penghantar AAAC 70 mm<sup>2</sup> yang dimana drop tegangan yang didapat sebesar 10,3%. Dari nilai drop tegangan tersebut telah melewati batas dari standar PLN tersebut. Maka perlu dilakukan perbaikan uprating conductor yang telah penulis lakukan. Penulis menyarankan untuk menggunakan penghantar AAAC 150 mm<sup>2</sup> yang dimana jatuh tegangan yang didapatkan sebesar 4,40%. Hal ini sudah dianggap sangat layak untuk digunakan.

### SIMPULAN

Nilai jatuh tegangan yang besar di jaringan dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan konsumen, dikarenakan kurangnya tegangan yang diperlukan oleh peralatan konsumen. Pada PLN sendiri mengalami kerugian dimana dapat berkurangnya kWh jual dari nilai *drop* tegangan yang terlalu tinggi. Perbaikan nilai jatuh tegangan dapat dilakukan dengan memperbesar luas penampang penghantar sehingga dapat menghasilkan nilai jatuh tegangan yang semakin menurun sehingga akan semakin membaik. Penulis menyimpulkan pemilihan penampang AAAC 150 mm<sup>2</sup> merupakan opsi terbaik dalam perbaikan jatuh tegangan yang sudah dianggap layak untuk digunakan menurut standar PLN.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima Kasih Kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

Buku 5 : 2010 tentang *Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah*.

Hadisantoso, F. S., 2016, *Analisa Penurunan Tegangan (Voltage Drop) dan Rugi-rugi (Losses) Penyulang Menggunakan ETAP di Gardu Induk Bandung Selatan*, Bandung : Jurnal Politeknik Enjinereng Indorama.

Indrawan, K., 2018, *Analisa Aliran Daya Sistem Kelistrikan Pada PT.PLN Persero Unit Pembantu Sektor Medan Titi Kuning Menggunakan Software Etap*. Medan : Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara.

Murad, T. K., 2021 *Analisis Jatuh Tegangan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV Pada Penyulang BE 03 Paya Bili ULP Langsa Kota*. Jakarta : Skripsi Program Studi S1 Teknik Elektro Institut Teknologi PLN.

Suprianto., 2018, *Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu*. Medan : Jurnal Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan.