

# Rekonfigurasi Saluran Distribusi 20kV Pada Penyulang Menjangan Untuk Mengatasi Jatuh Tegangan

I Made Alim Subawa<sup>1</sup>, Anak Agung Gede Maharta Pemayun<sup>2</sup>, I Wayan Arta Wijaya<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email

: [imadealimsubawa@gmail.com](mailto:imadealimsubawa@gmail.com)<sup>1</sup>. [Maharta@unud.ac.id](mailto:Maharta@unud.ac.id)<sup>2</sup>. [artawijaya@unud.ac.id](mailto:artawijaya@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

*Jatuh Tegangan adalah permasalahan yang paling sering terjadi pada saluran distribusi 20kV. Faktor yang mempengaruhi Jatuh Tegangan adalah panjang dan beban dari saluran distribusi 20kV. Penyulang Menjangan merupakan Saluran Distribusi 20kV yang mempunyai nilai Jatuh Tegangan paling besar di wilayah kerja PT.PLN (Persero) Area Bali Utara. Penyulang Menjangan memiliki beban sebesar 3400kVA dengan panjang saluran utama adalah 40,3 km. Penyulang Menjangan memiliki nilai tegangan 17,3kV atau mengalami Jatuh Tegangan sebesar 10,6 %. Rekonfigurasi merupakan salah satu cara untuk mengatasi Jatuh Tegangan pada Penyulang Menjangan. Dalam penelitian ini, Penyulang Menjangan di bagi menjadi 2 yaitu Penyulang Menjangan 1 yang disuplai dari Trafo 1 GI Gilimanuk dan Penyulang Menjangan 2 yang disuplai dari Trafo 2 GI Gilimanuk. Setelah dilakukan simulasi Rekonfigurasi pada Penyulang Menjangan di dapat nilai tegangan pada Penyulang Menjangan 1 adalah 19,8kV dan nilai tegangan Penyulang Menjangan 2 adalah 19,6kV.*

**Kata Kunci :** Jatuh Tegangan, Rekonfigurasi.

## 1. PENDAHULUAN

Jatuh tegangan adalah permasalahan yang paling sering terjadi pada saluran distribusi 20kV. Jatuh tegangan yang terjadi pada saluran distribusi 20kV disebabkan oleh beberapa faktor seperti panjang penghantar, jenis penghantar dan beban dari saluran distribusi 20kV tersebut. Panjang dan jenis penghantar saluran distribusi 20kV berpengaruh pada nilai resistansi dari penghantar yang digunakan dimana semakin besar nilai resistansi penghantar suatu saluran distribusi 20kV maka semakin besar juga nilai Jatuh tegangan pada saluran distribusi 20kV tersebut. Beban pada saluran distribusi berpengaruh pada arus yang mengalir pada penghantar dimana semakin besar arus yang mengalir pada penghantar maka semakin besar nilai jatuh tegangan yang terjadi pada saluran distribusi 20kV tersebut.

Suatu sistem tenaga listrik yang baik harus memiliki batas toleransi tegangan. Batas toleransi tegangan sesuai dengan peraturan SPLN 72:1987 adalah 5% di atas dari tegangan nominalnya dan 10% di bawah dari nilai tegangan nominalnya [1]. Tegangan

nominal dari sebuah penyulang adalah 20kV sehingga nilai tegangan maksimal adalah 21kV dan nilai tegangan minimal adalah 18kV. Nilai tegangan yang di luar batas toleransi mengakibatkan kinerja dari peralatan listrik konsumen tidak maksimal.

PT.PLN (Persero) Area Bali Utara merupakan Badan usaha yang bergerak di bidang distribusi tenaga listrik yang meliputi dua kabupaten yang ada di Bali yaitu kabupaten Buleleng dan Kabupaten Jembrana. Penyulang Menjangan merupakan penyulang yang berada pada wilayah kerja PT.PLN (Persero) Area Bali Utara yang memiliki Jatuh tegangan paling besar. Panjang utama dari Penyulang Menjangan adalah 40373 meter dengan 84 transformator distribusi. Nilai jatuh tegangan pada Penyulang Menjangan berada di atas batas toleransi nilai jatuh tegangan yang ditentukan SPLN 72:1987. Tegangan pada Penyulang Menjangan adalah 17,5kV atau 12,5 % di bawah nilai tegangan nominal saluran distribusi 20kV. Hal ini menyebabkan beberapa desa yang berada pada penyulang sering mengalami Jatuh tegangan.

Salah satu cara untuk memperbaiki Jatuh tegangan pada Penyulang Menjangan adalah dengan merekonfigurasi Penyulang Menjangan. Penyulang Menjangan dibagi menjadi 2 bagian yaitu Penyulang Menjangan 1 dan Penyulang Menjangan 2. Dari permasalahan di atas, maka dalam tulisan ini dilakukan simulasi rekonfigurasi pada Penyulang Menjangan

**2. KAJIAN PUSTAKA**

**2.1 SISTEM TENAGA LISTRIK**

Suatu sistem tenaga listrik pada dasarnya dapat dikelompokkan atas tiga bagian utama, yaitu: sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan pada pembangkit listrik ditransmisikan melalui saluran transmisi. Sebelum ditransmisikan, tegangan pada pembangkit listrik dinaikkan terlebih dahulu menggunakan transformator *step up*. Tegangan pada saluran transmisi nilai 70kV sampai 150kV (tegangan tinggi) dan di atas 150kV (tegangan extra tinggi). Saluran transmisi dihubungkan menuju Gardu Induk(GI). Tenaga listrik dari GI kemudian disalurkan ke saluran distribusi. Saluran distribusi memiliki nilai tegangan 20kV [2].

**2.2 SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI**

Sistem distribusi tenaga listrik meliputi semua tegangan menengah 20kV dan semua jaringan tegangan rendah 220/380 V hingga ke kWh meter pelanggan. Distribusi tenaga listrik menyalurkan energi listrik dengan penghantar udara maupun penghantar di bawah tanah dari mulai gardu induk hingga pusat beban. Setiap elemen jaringan distribusi pada lokasi tertentu dibangun gardu – gardu distribusi dimana tegangan menengah 20kV diturunkan menjadi tegangan rendah 220/380 V. Dari gardu – gardu ini kemudian para pelanggan listrik dilayani dengan menarik kabel – kabel tegangan rendah menjelajah sepanjang pusat – pusat pemukiman, komersial maupun pusat – pusat industri. Beberapa pelanggan besar dapat juga dilayani secara khusus dengan menggunakan jaringan tegangan tinggi 150kV ataupun dengan jaringan tegangan menengah 20kV [3].

**2.3 TRANSFORMATOR DISTRIBUSI**

Prinsip kerja suatu transformator adalah induksi bersama (*mutual induction*) antara dua

rangkaiannya yang dihubungkan oleh fluks magnet. Dalam bentuk yang sederhana, transformator terdiri dari dua buah kumparan yang secara listrik terpisah tetapi secara magnet dihubungkan oleh suatu alur induksi. Kedua kumparan tersebut mempunyai *mutual induction* yang tinggi. Jika salah satu kumparan dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, fluks bolak-balik timbul di dalam inti besi yang dihubungkan dengan kumparan yang lain menyebabkan atau menimbulkan ggl (gaya gerak listrik) induksi sesuai dengan induksi elektromagnet) dari Hukum Faraday, Bila arus bolak balik mengalir pada induktor, maka akan timbul gaya gerak listrik (ggl) [4].

Pembebanan transformator dihitung dengan rumus daya semu, sebagai berikut [5]:  
 $S_{total} = S_R + S_S + S_T$  .....(1)

Dimana :

$S_R = V_R \times I_R$  .....(2)

$S_S = V_S \times I_S$  .....(3)

$S_T = V_T \times I_T$  .....(4)

Keterangan :

S = Daya Semu

$S_R$  = Daya semu fasa R

$S_S$  = Daya semu fasa S

$S_T$  = Daya semu fasa T

V = Tegangan

$I_R$  = Arus fasa R

$I_S$  = Arus fasa S

$I_T$  = Arus fasa T

**2.4 PENGHANTAR SALURAN DISTRIBUSI**

Penghantar saluran distribusi digunakan untuk menghubungkan saluran dari gardu induk menuju gardu distribusi yang kemudian disalurkan menuju ke pelanggan. Penghantar yang digunakan pada saluran distribusi berupa kawat dengan komposisi yang berbeda – beda Adapun jenis – jenis dari kawat penghantar yang digunakan pada saluran distribusi 20kV dapat dilihat pada tabel 1 [6] :

**Tabel 1.** Nilai resistivitas penghantar saluran distribusi 20kV

Jenis Penghantar	Resistivitas (Ohm / Km)	Diameter (mm)
AAAC	0,225	150
AAACS	0,210	150
MVTIC	0,206	150

(NFA2XSY-T 3x)		
KABEL TANAH ( NA2XSEY 3x )	0,206	150

pengaturan nilai daya reaktif dapat mengatur nilai tegangan.

**2.5 JATUH TEGANGAN**

Umumnya beban yang terdapat pada sistem tenaga listrik bersifat resistif dan induktif. Beban tersebut akan menyerap daya aktif dan daya reaktif yang dihasilkan oleh generator. Penyerapan daya reaktif yang diakibatkan oleh beban induktif akan menyebabkan timbulnya jatuh tegangan pada tegangan yang disuplai generator. Akibatnya nilai tegangan di sisi penerima akan berbeda dengan nilai tegangan di sisi pengirim . Persamaan jatuh tegangan dapat dilihat pada persamaan berikut [7].

$$V_s^2 = (V_r + \Delta V_p)^2 + (\Delta V_q)^2 \dots\dots\dots(5)$$

$$\Delta V_p = IR \cos \Theta + IX \sin \Theta \dots\dots\dots(6)$$

$$\Delta V_q = IX \cos \Theta - IR \sin \Theta \dots\dots\dots(7)$$

Sehingga persamaan tegangan di sisi pengirim (Vs) menjadi :

$$V_s^2 = (V_r + IR \cos \Theta + IX \sin \Theta)^2 + (IX \cos \Theta - IR \sin \Theta)^2 \dots\dots\dots(8)$$

Karena nilai  $\Delta V_q = IX \cos \Theta - IR \sin \Theta$  sangat kecil, maka nilai tersebut dapat diabaikan sehingga persamaan Vs2 menjadi :

$$V_s^2 = (V_r + \Delta V_p)^2 \dots\dots\dots(9)$$

$$\Delta V_p = IR \cos \Theta + IX \sin \Theta \dots\dots\dots(10)$$

$$\Delta V_p = R \frac{P}{V_r} + X \frac{Q}{V_r} m \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

I = Arus Saluran

Vs = tegangan di sisi pengirim

Vr = tegangan di sisi penerima

$\Delta V_p$  = Jatuh tegangan

R = Resistansi saluran

X = Reaktansi saluran

P = Daya aktif yang dikirim ke beban

Dari persamaan (11) terlihat nilai jatuh tegangan ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu daya aktif (P), resistansi dan reaktansi saluran ( R dan X ) serta daya reaktif (Q). Pengaturan daya aktif erat kaitanya dengan pengaturan frekuensi sistem. Sedangkan pengaturan daya reaktif mempengaruhi nilai tegangan. Oleh karena itu dengan melakukan

**2.6 REKONFIGURASI SALURAN**

Rekonfigurasi merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan *switching* atau perpindahan beban pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. Perpindahan beban dapat dilakukan dengan membuat saluran distribusi baru dimana setengah dari beban pada saluran distribusi lama akan dipindahkan ke saluran distribusi baru tersebut.

**3. METODE PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan di Penyulang Menjangan PT. PLN (Persero) Area Bali Utara mulai tanggal 10 Desember 2016 sampai 10 Januari 2017. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data milik PT.PLN (Persero) Area Bali Utara . Adapun data yang diperoleh yaitu : data beban transformator, jenis transformator, data jenis penghantar, data panjang saluran distribusi 20kV dan data nilai resistivitas kawat penghantar saluran distribusi 20kV.

Data yang diperoleh dalam penelitian ini digunakan sebagai input data pada simulasi aliran daya Penyulang Menjangan. Pada simulasi aliran daya, Penyulang Menjangan dibagi menjadi 2 yaitu Penyulang Menjangan 1 yang disuplai dari transformator 1 GI Gilimanuk dan Penyulang Menjangan 2 yang disuplai dari transformator 2 GI Gilimanuk dengan tiga titik perpotongan yang ditentukan secara manual.

**3.1 ALUR ANALISIS**

Alur analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

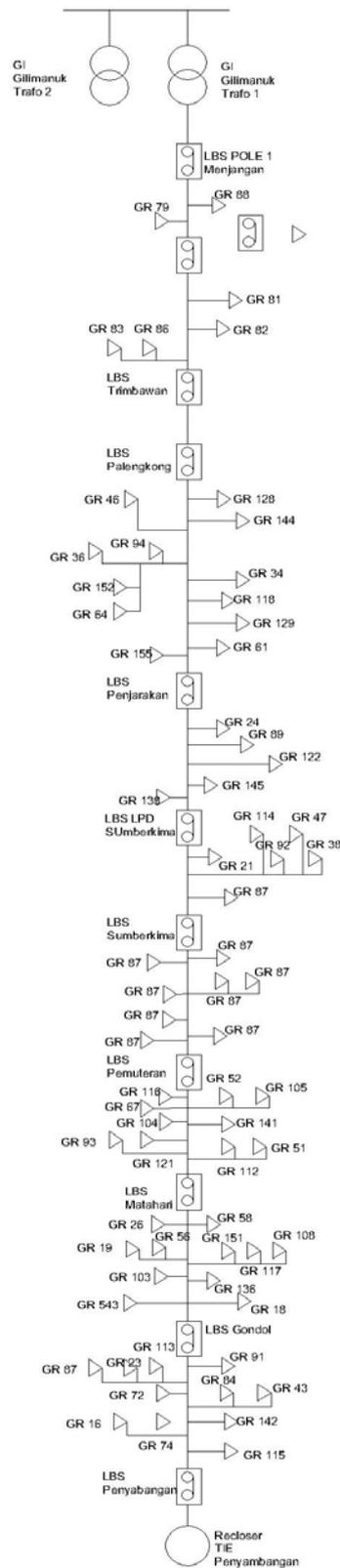
1. Pengumpulan data untuk simulasi
2. Menghitung beban trafo distribusi Penyulang Menjangan
3. Membuat model *single line diagram* pada simulasi aliran daya Penyulang Menjangan
4. Memasukan data beban Penyulang Menjangan, jenis penghantar dan peralatan pengaman pada simulasi aliran daya Penyulang Menjangan

5. Menentukan titik potong saluran pada simulasi aliran daya Penyulang Menjangan
6. Simulasi aliran daya Penyulang Menjangan 1 dan Penyulang Menjangan 2
7. Simulasi aliran daya dilakukan 3 kali dengan titik potong saluran yang berbeda pada setiap simulasinya
8. Hasil simulasi aliran daya akan ditampilkan dalam bentuk tabel

**4. HASIL DAN ANALISIS**

**4.1 PENYULANG MENJANGAN**

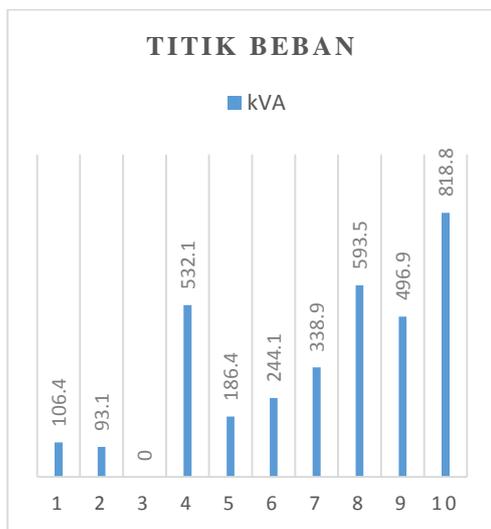
Penyulang Menjangan memiliki total panjang saluran 57 kilometer dengan 69 buah transformator distribusi. Total beban Penyulang Menjangan adalah 3,4 MVA yang dibagi menjadi 10 *Titik Beban*. Panjang dan jenis penghantar yang digunakan masing – masing *Titik Beban* pada Penyulang Menjangan berbeda – beda. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi dari masing – masing *Titik Beban* pada Penyulang Menjangan [8].



**Gambar 1. Single line diagram Penyulang Menjangan**

**Tabel 2.** Beban masing – masing Titik Beban penyulang menjangan

Nama	Beban (kVA)	Panjang (km)
Titik Beban 1	106,4	4,7
Titik Beban 2	93,1	4,8
Titik Beban 3	0	3,2
Titik Beban 4	523,1	5,8
Titik Beban 5	186,4	1,9
Titik Beban 6	224,1	0,9
Titik Beban 7	338,9	3,2
Titik Beban 8	593,5	1,6
Titik Beban 9	496,9	5,4
Titik Beban 10	818,8	3



**Gambar 2.** Digram titik beban pada Penyulang Menjangan

Penentuan titik perpotongan dilakukan dengan cara menentukan 3 titik potong diantara titik beban 4 sampai titik beban 7 karena titik beban tersebut merupakan daerah tengah dari saluran distribusi Penyulang

Menjangan. Adapun ketiga titik perpotongan yang akan dibuat pada simulasi aliran daya yaitu :

- LBS Penjarakan
- LBS LPD Sumberkima
- LBS Sumberkima

**4.2 MEMBUAT MODEL SIMULASI SALURAN DISTRIBUSI 20kV**

Setelah ditentukan dimana titik perpotongan dari Penyulang Menjangan, Maka dapat dibuat saluran distribusi 20kV dari titik perpotongan menuju ke GI Gilimanuk Transformator II. Jenis penghantar yang digunakan pada saluran distribusi ini adalah kabel MVTIC 150mm.

Karena Penyulang Menjangan dipotong menjadi 2, maka saluran distribusi yang disuplai dari GI Gilimanuk Trafo 1 dinamakan Penyulang Menjangan 1 dan saluran distribusi yang disuplai dari GI Gilimanuk Trafo 2 dinamakan Penyulang Menjangan 2.

**4.3 SIMULASI ALIRAN DAYA PENYULANG MENJANGAN 1 DAN PENYULANG MENJANGAN 2**

**Tabel 3.** Hasil simulasi aliran daya Penyulang Menjangan

Simulasi 1			
Lokasi	Tegangan (kV)	Jatuh Tegangan (%)	Titik Perpotongan
Penyulang Menjangan 1	20.2	0	LBS Penjarakan
Penyulang Menjangan 2	19.1	4.5	
Simulasi 2			
Lokasi	Tegangan (kV)	Jatuh Tegangan (%)	Titik Perpotongan
Penyulang Menjangan 1	20	0	LBS Sumberkima
Penyulang Menjangan 2	19.3	3.5	
Simulasi 3			
Lokasi	Tegangan (kV)	Jatuh Tegangan (%)	Titik Perpotongan
Penyulang Menjangan 1	19.8	1	LBS LPD Sumberkima
Penyulang Menjangan 2	19.6	2	

Berdasarkan hasil simulasi aliran daya Penyulang Menjangan 1 dan Penyulang Menjangan 2 dengan tiga titik perpotongan yang berbeda, maka dapat disimpulkan bahwa titik perpotongan yang memiliki nilai tegangan terbaik adalah titik perpotongan 3 dengan nilai tegangan Penyulang Menjangan 1 adalah 19.8kV dan nilai tegangan Penyulang Menjangan 2 adalah 19,6kV.

## 5. KESIMPULAN

Penyulang Menjangan merupakan Penyulang yang memiliki nilai jatuh tegangan yang paling besar di wilayah kerja PT. PLN (Persero) Area Bali Utara dengan nilai tegangan sebesar 17,5kV atau memiliki nilai Jatuh Tegangan sebesar 12,5 %

Rekonfigurasi saluran dilakukan pada Penyulang Menjangan dengan cara membagi Penyulang Menjangan menjadi 2 bagian yaitu Penyulang Menjangan 1 dan Penyulang Menjangan 2 . Setelah dilakukan rekonfigurasi, nilai tegangan pada Penyulang Menjangan 1 adalah 19.8kV dan Penyulang Menjangan 2 adalah 19,6kV.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ..., 1987. *SPLN 72*. Jakarta : PT PLN (Persero)
- [2] Sudarso, A. 2011. *Analisis Rugi Daya Akibat Ketidakseimbangan Beban Pada JTR Di PT.PLN (Persero) Rayon Mengwi*. Denpasar : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana
- [3] Hartoyo, H. 2009. *Pengoperasian Jaringan Tegangan Menengah*. Surabaya : PT PLN (Persero) Udiklat Pandaan.
- [4] ..., 2010. *Kriteria Desain Enjineriing Konstruksi Jaringan Tenaga Listrik*. Jakarta Selatan : PT. PLN ( Persero )
- [5] Sau, M. 2015. *Transmisi Daya Elektrik*. Yogyakarta. Andi Yogyakarta
- [6] ..., 2016. *Datasheet Penghantar Saluran Distribusi* . Jakarta : BICC BERCA Cables
- [7] Winardi, B. 2015. *Analisa Perbaikan Susut Teknis Dan Susut Tegangan Pada Penyulang KLS 06 Di GI Kalisari Dengan Menggunakan Software Etap 7.5.0*. Semarang : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- [8] ..., 2016. *Pengukuran Tegangan dan Arus Beban Trafo Distribusi*. Penyulang Menjangan : PT PLN (Persero) Area Bali Utara.