

# ANALISIS DAN SIMULASI DESAIN PENAMBAHAN PENYULANG PADA GARDU INDUK KEBASEN – TEGAL

Ni Putu Pramanasari<sup>1)</sup>, Achmad Solichan<sup>2)</sup>, Luqman Assaffat<sup>3)</sup>

1, 2, 3) Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kasipah no 10 -12 Semarang – Indonesia

e-mail : [niputu.pramanasari@unimus.ac.id](mailto:niputu.pramanasari@unimus.ac.id)

## ABSTRAK

*Pusat pembangkit yang terlalu jauh dari beban menyebabkan kerugian pada saat penyaluran energi listrik. Seperti yang terjadi pada penyulang KSN11 dan penyulang KSN12 pada Gardu Induk Kebasen yang mengalami drop tegangan dan rugi daya ketika penyaluran energi menuju konsumen. Nilai tegangan ujung pada penyulang KSN11 adalah sebesar 18,60 kV dengan persentase beban 51% dan nilai tegangan ujung pada penyulang KSN12 adalah sebesar 17,75 kV dengan persentase beban 60%. Metode penelitian ini menggunakan simulasi ETAP 12.6 dengan melakukan pemecahan beban. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai persentase drop tegangan untuk Penyulang KSN11 mengalami penurunan sebesar 1,62 %, untuk penyulang KSN12 mengalami penurunan sebesar 4,12% sedangkan untuk penyulang KSN20 mengalami kenaikan sebesar 3,08%. Dan untuk nilai rugi rugi daya total juga mengalami penurunan sebesar 564,84 kW untuk penyulang KSN11, penyulang KSN12, dan penyulang KSN20.*

**Keywords:** ETAP 12.6, Drop Tegangan, Rugi daya, Penyulang, Pemecahan Beban

## 1. PENDAHULUAN

Penyaluran energi listrik harus dapat terjamin dengan harga yang wajar dan mutu yang baik. Kebijakan ini dituangkan pada Peraturan Pemerintah no..5 tahun 2006. Pemasok tenaga listrik dalam hal ini PT PLN (Persero), dituntut mampu memberikan suatu pelayanan tenaga listrik yang optimal mulai pada

pembangkitan tenaga listrik, jaringan transmisi dan jaringan distribusi listrik.

Tujuan utama dari sistem tenaga listrik adalah mengusahakan penyediaan dan pengiriman tenaga listrik yang tetap memperhatikan mutu serta keandalan (Suhadi, 2009). Pada kenyataan di lapangan, penyaluran tenaga listrik terdapat kendala yang mungkin dapat terjadi, yaitu salah satunya adanya rugi-

rugi daya (losses) (Syarif dkk, 2014). Rugi-rugi daya yang timbul pada sebuah sistem distribusi tenaga listrik dapat mempengaruhi mutu dan keandalan sistemnya. Rugi-rugi daya diakibatkan oleh arus yang mengalir pada penghantar tersebut (Basri, 1997). Dengan perencanaan sistem yang baik diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penyaluran tenaga listrik secara maksimal terhadap konsumen sesuai dengan standar yang berlaku. Berdasarkan SPLN No.72 tahun 1987, besar nilai rugi daya dapat digunakan untuk menentukan keandalan sistem. Syarat nilai rugi daya dan drop tegangan pada penghantar tidak boleh melebihi standar yang diijinkan, yaitu rugi tegangan sebesar 5% dan rugi daya sebesar 10%. Kondisi yang tidak memenuhi standar yang diijinkan akan menyebabkan kerugian baik bagi konsumen maupun penyalur tenaga listrik (Marsudi, 2016).

Seiring perkembangan pembangunan di segala golongan yang sangat pesat seperti rumah tangga, industri, bisnis, sosial dan yang lainnya, maka semakin banyak konsumen atau calon konsumen yang membutuhkan energi listrik ini. Peningkatan kebutuhan energi listrik mengakibatkan semakin besar pula tingkat pembebanan yang ditanggung

oleh jaringan distribusi. Seperti yang terjadi pada penyulang KSN11 dan penyulang KSN12 pada Gardu Induk Kebasen, kemampuan pembebanan untuk penyulang KSN 11 adalah sebesar 246 ampere dengan persentase beban yaitu 51% dan KSN 12 adalah sebesar 289 ampere dengan persentase beban yaitu 60%.

Nilai tegangan ujung pada penyulang KSN11 adalah sebesar 18,60 kV dan nilai tegangan ujung pada penyulang KSN12 adalah sebesar 17,75 kV. Berdasarkan hal ini, perlu dilakukan evaluasi dan perencanaan kembali berdasarkan kriteria-kriteria perencanaan seperti drop tegangan yang sesuai dengan standar yang diijinkan yaitu rugi tegangan sebesar 5% dan rugi daya sebesar 10%., sehingga akan muncul optimasi pada jaringan listrik yang dipakai (Ismail dan Sindhu, 2013), (Stevenson, 1993).

## 2. METODE PENELITIAN

Jatuh tegangan atau sering disebut dengan istilah *drop* tegangan merupakan besar nilai tegangan pada suatu titik dengan membandingkan besar tegangan disisi kirim dikurangi besar tegangan di sisi terima. Jatuh tegangan pada suatu titik penghantar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta V = |V_S| - |V_T| \quad (1)$$

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

$\Delta V$  = Jatuh tegangan/voltage drop (V)

$|V_s|$  = Tegangan di sisi kirim (V)

$|V_T|$  = Tegangan di sisi terima (V)

Rugi rugi daya (*losses*) adalah jumlah daya yang hilang dalam proses pengaliran energi listrik mulai dari Gardu Induk sampai dengan konsumen. Untuk kasus tidak terdapat gardu induk, maka susut daya (*losses*) dimulai dari gardu distribusi sampai dengan konsumen (Zuhal, 1991). Berdasarkan Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No.217-1.K/DIR/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi.

Berdasarkan SPLN No.72 tahun 1987, bahwa besarnya nilai rugi daya digunakan untuk menentukan keandalan pada sistem, nilai rugi daya tidak boleh melebihi standar yang diijinkan, yaitu sebesar 10%. Secara sistematis, perhitungan rugi rugi daya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_s = 3 \times I^2 \times R \times L \quad (3)$$

Dimana:

$P_s$  = Hilang daya (watt)

$R$  = Resistansi kawat per phasa ( $\Omega$ /Km)

$L$  = Panjang saluran (km)

$I$  = Arus saluran (A)

Sedangkan untuk mengetahui besar nilai daya yang disalurkan listrik dapat dihitung sebagai berikut :

$$P_n = V \times \sqrt{3} \times I \times \cos \phi \quad (4)$$

Prosentase antara daya yang diterima dan daya yang disalurkan dinyatakan dengan rumus berikut :

$$P_i(\%) = \frac{P_s(kw)}{P_n(kw)} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

$P_R$  = Daya yang diterima (kW)

$P_S$  = Daya yang dikirim (kW)

$P_L$  = Hilang/ Susut daya (kW)

Untuk melakukan perencanaan Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Menengah (JTM) maka penulis melakukan pengolahan data berdasarkan data-data yang telah ditentukan dengan tahapan pada diagram alir berikut :



**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

Dari *flowchart* diatas akan dijelaskan lebih terperinci sesuai dengan point pengerjaan *flowchart* sebagai berikut :

1. Perhitungan drop tegangan pada ujung jaringan Penyulang KSN11 dan ujung jaringan Penyulang KSN12 dan rugi rugi daya pada Penyulang KSN11 dan Penyulang KSN12 sebelum dilakukan rekonfigurasi jaringan berdasarkan data hasil pengukuran.

2. Rekonfigurasi jaringan tegangan menengah untuk mengurangi *drop* tegangan dengan menggunakan ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) *Power Station* 12.6 adalah *software* yang digunakan sebagai alat untuk mendesain dan menguji kondisi sistem tenaga listrik. Dalam penelitian ini, ETAP digunakan untuk membuat simulasi sistem jaringan tegangan menengah baik itu sebelum rekonfigurasi, maupun sesudah rekonfigurasi (Soni dkk, 2015), (Albaroka dan Widodo, 2017).

3. Perhitungan rugi-rugi atau susut daya dan *drop* tegangan pada ujung jaringan Penyulang KSN11 dan ujung jaringan Penyulang KSN12 setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan dengan berdasarkan *report manager* yang didapat dari hasil *running* pada ETAP

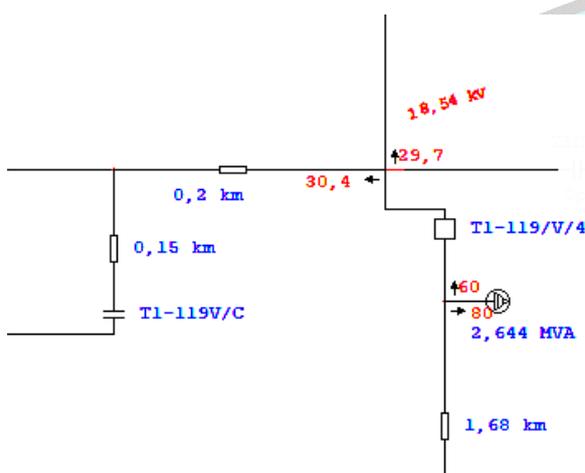
4. Menganalisis hasil perhitungan yang telah dilakukan serta membandingkan antara kondisi awal sebelum dilakukan rekonfigurasi dan kondisi akhir setelah dilakukan rekonfigurasi.

### 3. SIMULASI PADA ETAP 12.6

#### A. Simulasi Penyulang Eksisting

Setelah dilakukan perancangan simulasi jaringan distribusi pada ETAP,

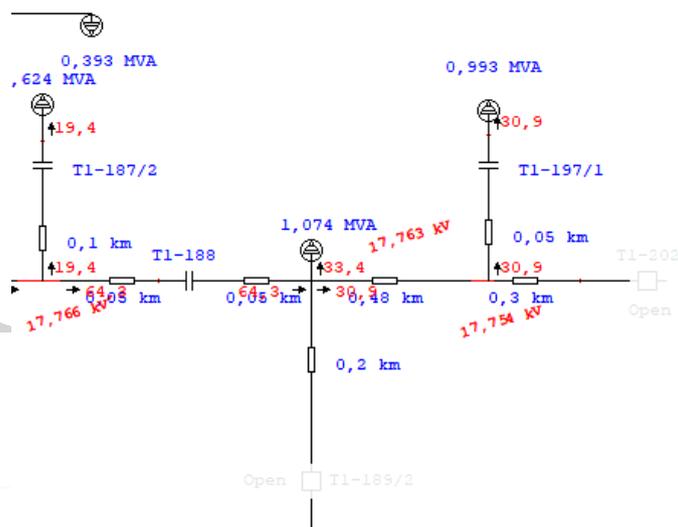
maka dilanjutkan dengan mengoperasikan (*running*) simulasi jaringan pada ETAP. Untuk mengoperasikan (*running*) simulasi pada ETAP, maka dipilih *unbalanced load for analysis*. Untuk hasil gambar simulasi sebelum dilakukan rekonfigurasi jaringan ditunjukkan pada gambar 2 dan 3 sebagai berikut:



**Gambar 2.** Tegangan Ujung Penyulang KSN11 Sebelum Dilakukan Rekonfigurasi

Berdasarkan gambar 2, dapat dilihat bahwa hasil tegangan *drop* adalah 18,54 kV untuk penyulang KSN11 sebelum dilakukannya rekonfigurasi jaringan untuk memperbaiki tegangan di ujung. Hasil simulasi ini memperlihatkan bahwa pada penyulang KSN11 mengalami *drop* tegangan dimana tegangan standar yang diijinkan oleh SPLN No. 72 Tahun 1987 adalah 5% dari tegangan distribusi 20 kV. Hasil dari simulasi ETAP selengkapnya untuk kondisi sistem sebelum

dilakukannya rekonfigurasi pada penyulang KSN11 dapat dilihat pada lampiran.



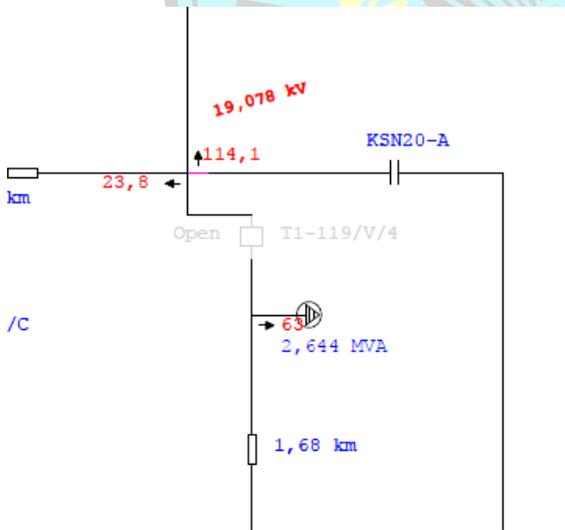
**Gambar 3.** Tegangan Ujung Penyulang KSN12 Sebelum Dilakukan Rekonfigurasi

Hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil tegangan *drop* adalah 17,75 kV untuk penyulang KSN12 sebelum dilakukannya rekonfigurasi jaringan untuk memperbaiki tegangan di ujung. Hasil simulasi ini memperlihatkan bahwa pada penyulang KSN12 mengalami *drop* tegangan dimana tegangan standar yang diijinkan oleh SPLN No. 72 Tahun 1987 adalah 5% dari tegangan 20 kV dan perlu dilakukan adanya rekonfigurasi jaringan.

### B. Simulasi Penyulang Baru

Berdasarkan nilai hasil perhitungan *drop* tegangan, dapat dilihat bahwa nilai *drop* tegangan saluran pada penyulang

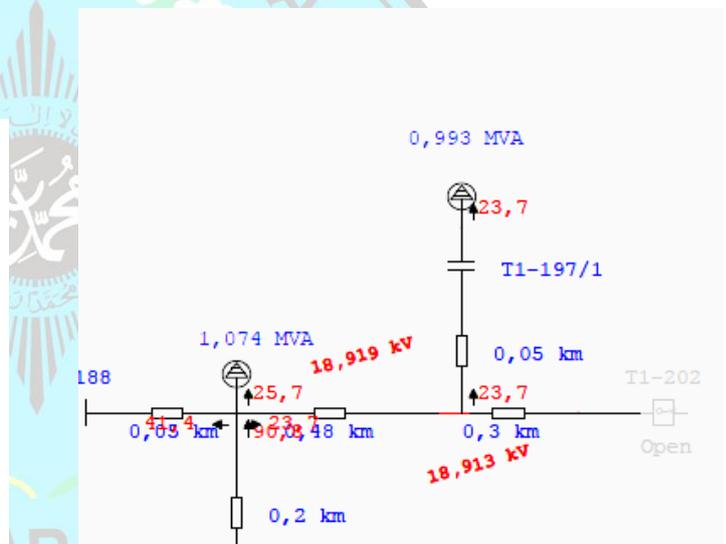
KSN11 adalah 4,55%. Nilai ini masih berada dalam rentang kualitas pelayanan tegangan -10% dan +5% dari tegangan nominal 20kv yaitu sebesar 18,54 kV. Sehingga pelimpahan beban dari KSN11 kepada penyulang baru KSN20 hanya diambil dari titik pengukuran tegangan ujung yaitu pada Recloser T1-119/V/4 yang nantinya digunakan sebagai titik penyambungan (*joint feeder*) penyulang baru antara penyulang KSN11 dan penyulang KSN20. Setelah dilakukan rekonfigurasi, nilai *drop* tegangan menjadi 3,15% dan nilai tegangan ujung sebesar 19,07 kV.



**Gambar 4.** Tegangan Ujung Penyulang KSN11 Sesudah Dilakukan Rekonfigurasi

Prosentase drop tegangan saluran pada penyulang KSN12 adalah 7,35% dan nilai tegangan ujungnya sebesar 17,75 kV sebelum dilakukan

rekonfigurasi. Setelah dilakukan *joint feeder* antara Penyulang KSN11 dan penyulang KSN20, beban pada Penyulang KSN12 juga akan dilimpahkan kepada Penyulang KSN20, sehingga tegangan ujung pada Penyulang KSN12 dapat memenuhi kualitas pelayanan tegangan yaitu -10% dan +5% dari tegangan nominal 20 kv. Sehingga nilai tegangan ujung setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan sebesar 18,91 kV dengan persentase *drop* tegangan sebesar 3,23%.



**Gambar 5.** Tegangan Ujung Penyulang KSN12 Sesudah Dilakukan Rekonfigurasi

#### 4. . HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

##### A. Analisis Drop Tegangan

Berdasarkan hasil simulasi pada ETAP, besarnya persentase *drop* tegangan sebelum dan sesudah dilakukan rekonfigurasi ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui hasil *drop* tegangan pada saat sebelum dan sesudah terjadinya pelimpahan beban kepada penyulang baru. Sebelum adanya pelimpahan beban, persentase *drop* tegangan untuk Penyulang KSN11 sebesar 4,77%, Penyulang KSN12 sebesar 7,35% dan Penyulang KSN20 masih 0 %.

**Tabel 1.** Perbandingan Persentase Drop Tegangan

Penyulang	Drop Tegangan ( $\Delta V\%$ )		
	Sebelum Rekonfigurasi	Sesudah Rekonfigurasi	Selisih ( $\Delta$ )
KSN11	4,77	3,15	-1,62
KSN12	7,35	3,23	-4,12
KSN20	0	3,08	3,08

Nilai persentase *drop* tegangan ini masih dalam batas toleransi tegangan standar dari PLN yaitu +5% dan -10%, kecuali Penyulang KSN12 yang sudah mencapai lebih dari +5% yaitu sebesar 7,35%. Terjadinya *drop* tegangan ini merupakan kelemahan dari sistem jaringan radial, dimana semakin panjang jaringan, maka semakin besar pula rugi-rugi tegangan pada ujung saluran.

Setelah dilakukan perencanaan pembangunan penyulang baru serta pelimpahan beban, persentase *drop* tegangan menjadi turun untuk Penyulang KSN11 sebesar 3,15%, Penyulang KSN12 sebesar 3,23% dan Penyulang KSN20 menjadi 3,08% setelah mendapatkan pelimpahan beban dari Penyulang KSN11 dan Penyulang KSN12. Penurunan persentase *drop* tegangan ini terjadi karena beban yang letaknya di titik ujung jaringan sudah dilimpahkan ke Penyulang KSN20. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik berikut :

##### B. Analisis Rugi Daya

Perbandingan prosentase nilai susut daya sebelum rekonfigurasi dan sesudahnya ditunjukkan pada tabel 2. Pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa hasil rugi rugi daya pada saat sebelum dilakukan pelimpahan beban adalah sebesar 874,94 kW dan sesudah dilakukan pelimpahan beban kepada penyulang baru, nilai rugi daya turun menjadi 310,1 kW.

**Tabel 2.** Perbandingan Rugi Rugi Daya

Penyulang	Rugi rugi Daya (%)		Rugi rugi Daya (kW)	
	Sebelum Rekonfigurasi	Sesudah Rekonfigurasi	Sebelum Rekonfigurasi	Sesudah Rekonfigurasi
KSN11	4,52	1,58	308,67	108,1
KSN12	7,07	1,64	566,27	131,3
KSN20	0	1,79	0	70,7
TOTAL			874,94	310,1

Sebelum adanya pelimpahan beban, persentase rugi rugi daya untuk

Penyulang KSN11 sebesar 4,52%, Penyulang KSN12 sebesar 7,07% dan Penyulang KSN20 masih 0 %.

Setelah dilakukan perencanaan pembangunan penyulang baru serta pelimpahan beban, persentase rugi rugi daya menjadi turun untuk Penyulang KSN11 sebesar 1,58%, Penyulang KSN12 sebesar 1,64% dan Penyulang KSN20 menjadi 1,79% setelah mendapatkan pelimpahan beban dari Penyulang KSN11 dan Penyulang KSN12.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisa penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi pembebanan untuk penyulang KSN11 adalah sebesar 246 ampere atau 51% dengan nilai tegangan ujung sebesar 18,60 kV. Untuk penyulang KSN12 adalah sebesar 289 ampere atau 60% dengan nilai tegangan ujung 17,75 kV.
2. Nilai persentase *drop* tegangan untuk Penyulang KSN11 mengalami penurunan sebesar 1,62 % yang semula 4,77% menjadi 3,15%, untuk penyulang KSN12 mengalami penurunan sebesar 4,12% yang semula 7,35% menjadi 3,23%,

sedangkan untuk penyulang KSN20 mengalami kenaikan sebesar 3,08% karena menerima beban dari penyulang KSN11 dan penyulang KSN12 sehingga menyebabkan *drop* tegangan pada penyulang KSN11 dan penyulang KSN12 dapat berkurang.

3. Nilai rugi rugi daya total untuk penyulang KSN11, penyulang KSN12, dan penyulang KSN20 mengalami penurunan sebesar 564,84 kW dari nilai rugi daya total sebelum rekonfigurasi yaitu 874,94 menjadi 310,1 kW.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basri, Hasan, 1997, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Institut Sains dan Teknologi Nasional: Jakarta.
- C.J.Soni, P.R. Gandhi dan S.M. Takalkar, 2015, *Design and Analysis Of 11 kV Distribution System Using ETAP Software*, IEEE Power, Energy, Information and Communication, Vol 15, No 978-1-4673-6524-6.
- Guton Albaroka dan Gatot Widodo, 2017, *Analisis Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Penyulang Barata Jaya Area Surabaya Selatan Menggunakan Software Etap 12.6*,

Ni Putu P., Achmad S., Luqman A.

- Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya: Surabaya, Vol 6, No 2.
- Ismail E.K dan Sindhu T.K, 2013, *Self-healing Practice For An LT 11 kV Overhead Radial Distribution Network Feeder*, IEEE on Power, Energy And Control, Vol 13, No 978-1-4673-6030-2.
- SPLN 43-5-2 : 1985, 1985, *Kabel Pilin Udara Berisolasi XLPE dan Berselubung PVC Berpenggantung Kawat Baja Dengan Tegangan Pengenal 12/20 (24) kV*, Jakarta.
- SPLN 64 : 1985, 1985, *Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*, Jakarta.
- SPLN 72 : 1987, 1987, *Spesifikasi Desain JTM-JTR, Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara*, Jakarta.
- Stevenson, Wiliam D, 1993, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Gramedia: Jakarta.
- Mahmud, Syarif; Solichan,Achmad dan Prasetyo, M. Toni, 2014, *Simulasi Pelepasan Beban dengan Relay Frequency Pada Sistem Tenaga Listrk CNOOC SES Ltd. North Business Unit Menggunakan Software ETAP 7.5*, Universitas
- Muhammadiyah Semarang: Semarang, Vol. 7 No. 1.
- Zuhal, 1991, *Dasar Tenaga Listrik*, Institut Teknologi Bandung: Bandung.