

## REKONFIGURASI JARINGAN TEGANGAN RENDAH (JTR) UNTUK MEMPERBAIKI DROP TEGANGAN DI DAERAH BANJAR TULANGNYUH KLUNGKUNG

**Made Suartika, I Wayan Arta Wijaya**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361

Email: suartika@ee.unud.ac.id

### Abstrak

Daerah Banjar Tulangnyuh terletak di Desa Tegak kabupaten Klungkung Propinsi Bali dan merupakan daerah dengan topografi wilayah pemukiman penduduk, hutan dan sedikit perbukitan. Sistem kelistrikan daerah Banjar Tulangnyuh disupply oleh trafo distribusi KL0018 melalui Penyulang Klungkung. Trafo KL0018 berlokasi di Banjar Griya Cucukan yaitu dengan kapasitas maksimum 200kVA yang digunakan untuk menyupply daya listrik ke daerah Br Griya Cucukan, Desa Tegak, Desa Selat dan Banjar Tulangnyuh. Jumlah seluruh pelanggan daerah Banjar Tulangnyuh adalah 124 unit pelanggan dengan total beban daya kontrak sebanyak 89.600VA atau 89,6 kVA. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan didapatkan nilai tegangan terendah di daerah Banjar Tulangnyuh yaitu 139V terhadap tegangan sumber satu fasa ke netral (231V) dan terjadi pada saat beban puncak atau dengan kata lain drop tegangan di daerah Banjar Tulangnyuh sudah melebihi 5% dari standar PLN. (SPLN No.72 tahun 1987). Pada jam 19.00 saat terjadi beban puncak, konsumen tidak bisa menyalakan TV, Radio, Kulkas dan alat elektronik lainnya. Selain itu beban-beban lampu seperti lampu TL/neon tidak bisa dinyalakan dan lampu pijar dapat di nyalakan tetapi nyalanya redup setengah lilin. Dengan kondisi seperti itu perlu adanya rekonfigurasi jaringan pada daerah Banjar Tulangnyuh.

Rekonfigurasi JTR daerah Banjar Tulangnyuh dengan menggunakan simulasi program ETAP powerstation 4.0 yaitu meliputi: tahap pertama adalah penambahan jaringan baru dan pergantian kabel JTR jenis LVTC 3x35 mm<sup>2</sup> diganti menggunakan LVTC 3x50 mm<sup>2</sup> dan kabel SR LVTC 2x10 mm<sup>2</sup> masih tetap digunakan. Perancangan kedua adalah penambahan jaringan baru dan pergantian kabel JTR menggunakan LVTC 3x70 mm<sup>2</sup> dan kabel SR LVTC 2x10 mm<sup>2</sup> juga masih tetap digunakan. Akhirnya rekonfigurasi dilakukan dengan memperhatikan pertimbangan teknis dan efisiensi biaya investasi pembuatannya serta mengacu pada beberapa standar PLN yaitu (SPLN No. 72 tahun 1987) mengenai "spesifikasi desain JTM dan JTR", dan (SPLN 56-1, tahun 1993) mengenai "Sambungan Tenaga Listrik Tegangan Rendah (SLTR)".

Hasil rekonfigurasi JTR dengan simulasi program ETAP powerstation 4.0 yaitu drop tegangan yang didapat sebesar 4,68% dari tegangan sumber 231V dan rugi-rugi daya sebesar 1,8kW. Sehingga nilai drop tegangan yang didapat setelah rekonfigurasi jaringan sudah sesuai dengan standar PLN yaitu drop tegangan yang diijinkan tidak melebihi 5%, (SPLN 72, 1987).

**Kata Kunci :** JTR, *drop* tegangan, rekonfigurasi jaringan

### 1. PENDAHULUAN

Pada pengoperasian sistem tenaga listrik diperlukan kualitas dan tingkat keandalan yang baik, salah satunya adalah tegangan yang sampai ke pelanggan tidak mengalami *drop* tegangan atau tegangan turun di bawah standarisasi dari PLN. Faktor kualitas ditentukan dari pusat pembangkitan yang terdiri dari generator dan trafo *step up*, saluran transmisi yang bertegangan tinggi/ekstra tinggi dan pada jaringan distribusi. Jaringan distribusi adalah energi listrik yang disalurkan dari penyulang gardu induk (GI) melalui jaringan tegangan menengah (JTM) ke sisi primer trafo distribusi *step down* 20/11kV dirubah ke sistem tegangan rendah (TR) pada bagian sekunder trafo yaitu 400/231V yang disesuaikan dengan *nameplate* pada trafo. Dari sisi

sekunder trafo kemudian didistribusikan ke masing-masing pelanggan jaringan tegangan rendah (JTR).

Pengaturan tegangan dan turun tegangan menurut SPLN No.72 tahun 1987 yaitu "turun tegangan yang diperbolehkan pada JTM dan JTR adalah 2% dari tegangan kerja untuk sistem *spindle* /gugus dan 5% dari tegangan kerja yaitu untuk sistem radial di atas tanah dan sistem simpul tergantung kepadatan beban".

Permasalahan listrik yang sering dirasakan oleh masyarakat adalah masalah *drop* tegangan. Salah satu daerah yang mengalami masalah *drop* tegangan adalah daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung. *Drop* tegangan pada pelanggan di daerah ini melebihi 5% dari standar yang diperbolehkan PLN. Tegangan listrik yang terukur pada siang hari yaitu jam 12.00 adalah 198V dan pada malam hari saat terjadi beban puncak jam 19.00 adalah 139V dan terjadi pada

lokasi pelanggan JTR paling ujung. Dengan tegangan yang sangat rendah maka peralatan-peralatan listrik pada pelanggan dan alat-alat elektronika akan menjadi cepat rusak. Pada jam 19.00 saat terjadi beban puncak, konsumen tidak bisa menyalakan TV, radio, kulkas dan alat elektronik lainnya. Selain itu beban-beban lampu seperti lampu TL/neon tidak bisa menyala dan lampu pijar dapat di nyalakan tetapi nyalanya redup setengah lilin.

Dilihat dari data pelanggan serta konfigurasi jaringan yang diperoleh dari PT. PLN Persero area jaringan Bali Timur, daerah Banjar Tulangnyuh disuplai dari trafo distribusi KL0018 melalui Penyulang Klungkung. Energi listrik disalurkan secara radial yaitu dari Trafo KL0018 sampai ke masing-masing pelanggan daerah Banjar Tulangnyuh. Trafo KL0018 berlokasi di Banjar Griya Cucukan yaitu dengan kapasitas maksimum 200kVA. Trafo KL0018 digunakan untuk menyuplai empat daerah yaitu daerah Br Griya Cucukan, Desa Tegak, Desa Selat dan Banjar Tulangnyuh. Jumlah seluruh pelanggan daerah Tulangnyuh adalah 124 buah pelanggan dengan total daya kontrak sebanyak 89.600VA atau 89,6 kVA.

Berdasarkan hasil *survey* di daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung, yaitu sistem jaringan (JTR) dilakukan secara radial dengan jumlah tarikan pada beberapa titik lokasi melebihi ketentuan yang diijinkan oleh PLN yaitu jarak antar tarikan pada saluran rumah (SR) melebihi 30 meter dengan jumlah tarikan melebihi 5 buah, sedangkan menurut standar PLN yaitu jarak antar tarikan pada saluran rumah (SR) tidak melebihi 30 meter dengan jumlah tarikan pelanggan maksimal 5 buah. Ini tidak sesuai dengan [5] mengenai "Sambungan Tenaga Listrik Tegangan Rendah (SLTR). Dampak dari sistem seperti ini adalah turun tegangan atau *drop* tegangan yang diterima di sisi pelanggan itu akan semakin besar, hal ini disebabkan karena instalasi penyambungan antar *konektor* kurang bagus dan rugi-rugi tegangan yang besar pada penghantar karena jarak tarikan terlalu panjang. Kabel penghantar yang digunakan pada JTR daerah Banjar Tulangnyuh adalah jenis aluminium LVTC 3x35 mm<sup>2</sup> dan kabel SR yang digunakan yaitu kabel jenis aluminium LVTC 2x10 mm<sup>2</sup>.

Cara untuk memperbaiki *drop* tegangan pada jaringan tegangan rendah diantaranya adalah dengan metoda *tap changer* (pemilihan *level tap-tap* tegangan pada trafo), penambahan trafo sisipan/gardu sisipan dan rekonfigurasi jaringan (meliputi : pengalihan jaringan, penambahan jaringan, pergantian jaringan baru). Berdasarkan standar PLN yang telah disebutkan di atas dan mengacu dari teori mengenai konfigurasi jaringan yang menyatakan bahwa "faktor-faktor yang mempengaruhi dalam memilih konfigurasi sistem distribusi adalah : kontinuitas pelayanan tenaga listrik yang baik, kualitas tegangan listrik yang baik, dan kuantitas tenaga listrik" [2]. Maka dalam hal ini rekonfigurasi

yang akan dilakukan pada daerah Banjar Tulangnyuh adalah instalasi ulang dan pengalihan jaringan yang meliputi : pergantian kabel JTR dan penambahan jaringan baru pada beberapa *line* JTR yang jarak sambungannya serta jumlah tarikan tidak memenuhi standar PLN. Nantinya rekonfigurasi dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor dalam pemilihan konfigurasi, yaitu faktor kualitas hasil dan teknis pemasangan di lapangan serta faktor efisiensi biaya investasi pembuatannya. Sehingga rekonfigurasi jaringan merupakan cara untuk memperbaiki *drop* tegangan pada sistem JTR di daerah Banjar Tulangnyuh klungkung.

## 2. JARINGAN TEGANGAN RENDAH

Jaringan Tegangan Rendah ialah jaringan tenaga listrik dengan tegangan rendah yang mencakup seluruh bagian jaringan tersebut beserta perlengkapannya. dari sumber penyaluran tegangan rendah tidak termasuk SLTR. Sedangkan Sambungan tenaga listrik tegangan rendah (SLTR) ialah penghantar di bawah atau di atas tanah termasuk peralatannya mulai dari titik penyambungan pada JTR sampai dengan alat pembatas dan pengukur (App).(SPLN No.56 tahun 1984). Jaringan tegangan rendah merupakan jaringan yang berhubungan langsung dengan konsumen tenaga listrik. Pada JTR sistem tegangan distribusi primer 20/11 kV diturunkan menjadi tegangan rendah 380/220V.

Sistem penyaluran daya listrik pada JTM maupun JTR dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut:

1. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)  
Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel telanjang (tanpa isolasi) seperti kabel AAAC, kabel ACSR.
2. Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah (SKUTR)  
Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel berisolasi seperti kabel LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*). ukuran kabel LVTC adalah : 2 x 10mm<sup>2</sup>, 2 x 16mm<sup>2</sup>, 4 x 25mm<sup>2</sup>, 3 x 35mm<sup>2</sup>, 3 x 50mm<sup>2</sup>, 3 x 70mm<sup>2</sup>.

Penyambungan JTR menurut SPLN No.74 tahun 1987 yaitu "sambungan JTR adalah sambungan rumah (SR) penghantar di bawah tanah atau di atas tanah termasuk peralatannya mulai dari titik penyambungan tiang JTR sampai alat pembatas dan pengukur (APP)". Spesifikasi umum sambungan rumah yaitu sebagai berikut :

1. Rugi Tegangan  
Jatuh tegangan maksimum yang diperkenankan sepanjang penghantar SR ialah 2%. Dengan catatan dalam hal ini SR diperhitungkan dari titik penyambung pada STR. Khusus untuk penyambungan langsung dari papan bagi TR di gardu transformator jatuh tegangan diperkenankan maksimum 5%.
2. Ukuran Penghantar Minimum

Ukuran penghantar minimum saluran rumah (SLP dan SMP) ialah untuk SLP, baik di atas ataupun di bawah tanah minimal  $10\text{mm}^2$ . Sedangkan untuk SMP penghantar aluminium minimal  $10\text{mm}^2$  atau tembaga minimum  $4\text{mm}^2$ . Sambungan rumah digunakan kabel pilin berinti tembaga atau aluminium, dengan ukuran inti tembaga adalah  $4\text{mm}^2$ ,  $6\text{mm}^2$ ,  $10\text{mm}^2$ ,  $16\text{mm}^2$ ,  $25\text{mm}^2$ . Ukuran inti aluminium adalah  $10\text{mm}^2$ ;  $16\text{mm}^2$ ,  $25\text{mm}^2$ ,  $35\text{mm}^2$ .

- Jumlah Langgan/Sambungan Seri  
Dengan memperhitungkan jatuh tegangan maksimum yang diizinkan,  $\cos \theta = 0,85$  impedansi saluran dan "demand factor" = 0,5, maka didapatkan jumlah sambungan seri menurut ukuran dari jenis kabel SR, jarak SR dan besar beban tersambung rata-rata terlihat pada Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1. SR yang disadapkan dari JTR dengan rugi tegangan SR = 2%**

Beban tersambung rata-rata per konsumen (VA)	Luas penampang kabel pilin ( $\text{mm}^2$ )		Jml sambungan maksimum
	Cu	AAAC/L VTC	
$S \leq 450$	4	-	5
$S \leq 450$	6	10	5
$450 < S \leq 800$	10	16	7
$800 < S \leq 1250$	16	25	7

Perencanaan sistem distribusi ini harus dilakukan secara sistematis dengan pendekatan yang didasarkan pada peramalan beban untuk memperoleh suatu pola pelayanan yang optimal. Pengembangan sistem yang terlambat memberikan resiko terjadinya pemadaman dalam penyediaan tenaga listrik bagi pelanggan sebagai akibat terjadinya penambahan beban. Sebaliknya pengembangan sistem yang terlalu cepat merupakan pemborosan energi [3].

Tujuan perencanaan sistem distribusi adalah untuk mendapatkan suatu fleksibilitas pelayanan optimum yang mampu dengan cara cepat mengantisipasi pertumbuhan kebutuhan energi listrik yang terkait dengan makin tingginya konsumsi energi dan kerapatan beban yang harus dilayani. Perencanaan yang baik akan memberikan kontribusi besar terhadap kualitas dan keandalan sistem distribusi. Kondisi ini disebabkan oleh kenyataan bahwa sistem distribusi merupakan pelayanan energi listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen sehingga adanya gangguan pada sistem distribusi akan berakibat langsung pada konsumen.

Ada beberapa faktor yang berpengaruh dan perlu diperhatikan dalam perencanaan sistem distribusi agar didapatkan hasil yang optimal yaitu :

- Faktor teknis.
- Faktor ekonomis.
- Faktor sosial.

### 3. PENGATURAN TEGANGAN DAN DROP TEGANGAN

Pengaturan tegangan dan turun tegangan menurut SPLN (Standar PLN 72 tahun 1987 Pasal 4) mengenai spesifikasi desain untuk jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR) adalah sebagai berikut:

- Turun tegangan pada JTM dibolehkan:
  - 2% dari tegangan kerja sebagaimana tercantum pada ayat 22 bagi sistem yang tidak memanfaatkan STB ) yaitu sistem Spindel dan Gugus.
  - 5% dari tegangan kerja bagi sistem yang memanfaatkan STB yaitu sistem radial di atas tanah dan sistem simpul.
- Turun tegangan pada transformator distribusi dibolehkan 3% dari tegangan kerja.
- Turun tegangan pada STR dibolehkan sampai 4% dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban.
- Turun tegangan pada SR dibolehkan 1% dari tegangan nominal.

Drop tegangan yang diijinkan untuk sistem spindel tidak boleh melebihi 2% dari tegangan nominalnya, sedangkan untuk sistem radial drop tegangan yang diijinkan mencapai 5% [6].

Arus listrik yang mengalir pada saluran yang mempunyai tahanan dan reaktansi akan menimbulkan drop tegangan. Besarnya drop tegangan yang terjadi pada saluran tersebut dapat dirumuskan (Gonen, 1986) :

$$\Delta V = |V_s| - |V_r| \approx I_R \cdot R + I_X \cdot X$$

Dimana :

$$I_R = I \cdot \text{pf} = I \cos \theta \quad \text{dan} \quad I_X = I \cdot \text{qf} = I \sin \theta$$

Sehingga :

$$\Delta V = I(R \cos \theta + X \sin \theta)$$

Jika diketahui jarak atau panjang saluran L (km), maka turun tegangan dapat dicari dengan :

$$\Delta V = I L (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

Dimana :

$$\cos \theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad \text{dan} \quad \sin \theta = \sin (\text{Arc Cos } \theta)$$

Drop tegangan dalam persentase :

$$\frac{\Delta V}{V} (\%) = \frac{I L (R \cos \theta + X \sin \theta)}{V} \times 100\%$$

Keterangan :

$\Delta V$  : Drop tegangan (V)

$V_s$  : Tegangan awal (V)

$V_r$  : Tegangan akhir (V)

R : Resistansi saluran ( $\Omega$ /km)

X : Reaktansi saluran ( $\Omega$ /km)

I : Arus saluran (A)

$I_R$  : Komponen arus aktif

$I_X$  : Komponen arus reaktif

pf : Power faktor

qf : Power faktor reaktif

Analisis rugi - rugi daya dapat dihitung dengan persamaan berikut (Parton, 2004):

$$\Delta P = (V_{GI} - V_{ujung}) \times I_{beban} \times \cos \theta$$

Dimana :

$\Delta P$  = Rugi - rugi daya total (Watt)

$V_{GI}$  = Tegangan di sumber/Gardu Induk (V)

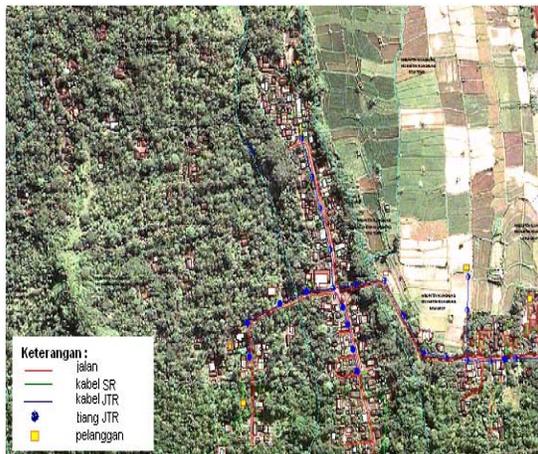
$V_{(ujung)}$  = Tegangan di ujung penyulang (V)

$I_{beban}$  = Arus (A)

$\cos \theta$  = Faktor daya diasumsikan 0,85

#### 4. ANALISA REKONFIGURASI JTR DAERAH BANJAR TULANGNYUH

Daerah Banjar Tulangnyuh terletak di Kecamatan Klungkung Kabupaten Klungkung dengan luas wilayah ± 92.000 m<sup>2</sup>, dengan kondisi geografis dan topografi daerah terbagi menjadi daerah perumahan penduduk, persawahan, hutan dan perbukitan dengan jumlah penduduk sebanyak 265 KK (kepala keluarga) atau ±12.000 jiwa, Bentang alam dan jaringan kelistrikan (JTR) daerah Banjar Tulangnyuh ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.

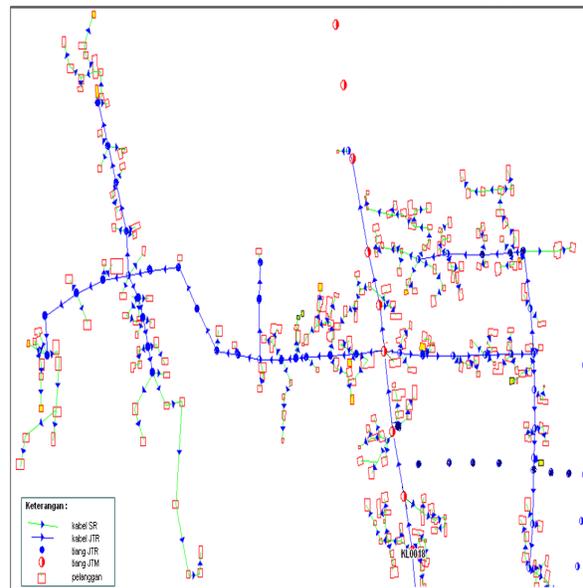


Gambar 1. Foto udara banjar Tulangnyuh.

Trafo KL0018 berlokasi di Banjar Griya Cucukan yaitu dengan kapasitas beban maksimum 200kVA yang digunakan untuk menyuplai listrik ke daerah Banjar Griya Cucukan, Desa Tegak, Desa Selat dan Banjar Tulangnyuh.

Pada tabel 2 diperlihatkan data karakteristik dan data pengukuran trafo KL0018 yang dilakukan pada bulan maret tahun 2010

Sistem jaringan distribusi adalah sistem radial yaitu disuplai oleh penyulang Klungkung kemudian disalurkan ke seluruh pelanggan secara radial pula. Trafo KL0018 mempunyai kapasitas maksimum 200kVA digunakan untuk menyuplai beban terukur dengan total daya dalam persentase yaitu sebanyak 73,26% artinya trafo KL0018 mempunyai sisa 24,76% dan belum over blast. Konfigurasi JTR trafo KL0018 saat ini ditunjukkan pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Konfigurasi JTR Trafo KL0018

Tabel 2. Data Gardu Trafo KL0018

Karakteristik	Keterangan
ID GD	38233528
Nomor GD	KL0018
Nama GD	KL0018
Nomor Seri	89417
Feeder/penyulang	1029208-Klungkung
Tahun Operasi	2008
Merk	TAIYA
Kapasitas max (kVA)	200
Kapasitas trafo (kVA)	200
Beban Trafo saat ini (%)	73,26
Status trafo	Tidak Over Blast

Sumber : PT. PLN (Persero) AJ Bali Timur

Garis panah warna biru pada gambar 2 merupakan tarikan JTR dari sisi sekunder trafo KL0018 kemudian disalurkan ke masing-masing tiang JTR yang ditandai dengan titik warna biru. Tarikan saluran rumah (SR) ditandai garis warna hijau dan masing-masing beban/pelanggan ditandai dengan kotak warna merah

Pelanggan daerah Banjar Tulangnyuh memiliki karakteristik beban yang berbeda-beda. Beban-beban pada daerah banjar Tulangnyuh yaitu beban perumahan, beban industri kecil dan fasilitas umum.

Kondisi JTR daerah Banjar Tulangnyuh sebelum rekonfigurasi (Tahun 2010) memiliki data-data sebagai berikut :

1. Beban terpasang : 89.600VA atau 89,6kVA
2. Jumlah pelanggan : 124 pelanggan
3. Konfigurasi jaringan : Sistem Radial

4. Panjang jaringan : 3,925 km
5. Jenis penghantar : LVTC.

Secara keseluruhan, jumlah pelanggan daerah Banjar Tulangnyuh adalah sebanyak 124 pelanggan yang terdiri dari pelanggan perumahan yaitu beban satu fasa, pelanggan bangunan industri untuk beban tiga fasa dan fasilitas umum yaitu beban satu fasa. Total daya kontrak atau beban terpasang di daerah Banjar Tulangnyuh adalah sebanyak 89.600VA atau 89,6kVA.

Pelanggan JTR daerah Banjar Tulangnyuh yaitu nomor kontak masing-masing pelanggan, daya kontrak masing-masing pelanggan dan panjang tarikan SR dari masing-masing pelanggan yaitu diukur dari tiang JTR ke pelanggan atau dari pelanggan ke pelanggan berikutnya.

Berdasarkan hasil survey dan pengukuran langsung di daerah Banjar Tulangnyuh, maka diperoleh data tegangan pada beberapa pelanggan yang panjang tarikan SR tidak sesuai SPLN yaitu data tegangan dari pelanggan ujung line JTR sampai pelanggan ujung SR. Dengan pengukuran langsung menggunakan alat ukur tang amper standar PLN merk KYORITSU, sanwa model YX-830, dan eaststar model YX-124 didapatkan data pengukuran yang sama.

Nilai tegangan yang terukur pada beberapa pelanggan yang diukur pada jam 06.00 pagi, jam 12.00 siang dan pada saat beban puncak yaitu jam 19.00. Tegangan terendah terjadi pada pelanggan NT018325 yang merupakan pelanggan yang terletak paling ujung JTR dimana tegangan yang terukur sebesar 139V pada saat terjadi beban puncak.

Selain melakukan pengukuran tegangan secara langsung di daerah Banjar Tulangnyuh, juga melakukan penghitungan pemakaian beban pada beberapa pelanggan sehingga diperoleh nilai pemakaian beban rata-rata pada jam 06.00 pagi, jam 12.00 siang dan pada saat beban puncak yaitu jam 19.00. Data ini nantinya dipergunakan dalam analisa drop tegangan terhadap pembebanan pada pelanggan yang dianalisa dengan program ETAP power station 4.0 pada pembagian waktu tersebut.

Besarnya tegangan di masing-masing bus beban pada pelanggan yaitu dianalisa dengan menggunakan program ETAP powerstation 4.0. Cara analisa adalah memasukkan data bus JTR dan bus beban, data kapasitas trafo, data impedansi kabel penghantar data nilai pembebanan pada masing-masing pelanggan.

Tegangan terendah pada saat kondisi beban puncak (jam 19.00 WITA) terjadi di bus beban 120, yaitu besar tegangan adalah 66,94% atau 154,63V dari tegangan sumber 231V. Sedangkan besarnya nilai drop tegangan jika dinyatakan dalam persentase dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$\text{Drop teg. dalam persentase (\%)} = \frac{\text{Teg. sumber} - \text{Teg. ujung}}{\text{Teg. sumber}} \times 100 \%$$

$$= \frac{231V - 154,63V}{231V} \times 100 \% = 33,06\%$$

Dalam perhitungan di atas terlihat bahwa besarnya drop tegangan JTR daerah Banjar Tulangnyuh adalah 33,06%. Sedangkan menurut standar PLN (SPLN 72, 1987) drop tegangan yang diijinkan untuk JTR tipe radial adalah tidak melebihi 5%. Sehingga dalam hal ini, drop tegangan pada JTR daerah Banjar Tulangnyuh sudah melebihi standar yang diijinkan. Oleh sebab itu JTR daerah Banjar Tulangnyuh harus direkonfigurasi.

Tahapan rekonfigurasi JTR adalah melakukan analisa aliran daya untuk menentukan *drop* tegangan ke masing-masing beban dengan menggunakan program ETAP *power station* 4.0 yaitu dengan memasukkan data bus pada JTR dan beban, data kapasitas trafo, data impedansi kabel penghantar data nilai pembebanan pada masing-masing pelanggan. Analisa *drop* tegangan pada program ETAP dijelaskan sebagai berikut:

1. Pertama-tama adalah memasukkan data bus pada JTR dan beban, data kapasitas trafo, data impedansi kabel penghantar data nilai pembebanan pada masing-masing pelanggan sesuai dengan data penelitian yang didapat dengan memperhatikan tutorial penggunaan program ETAP *power station* 4.0.
2. Data beban dilapangan adalah beban 1 *phase*. Analisa yang dilakukan oleh program yaitu analisa aliran daya pada jaringan dan pada beban secara keseluruhan dengan metode aliran daya sistem seimbang 3 *phase* atau dengan kata lain masing-masing beban dianalisa dengan koneksi 3 *phase* yang seimbang dan tidak dilakukan secara per *phase*. Ini dilakukan untuk mempermudah dalam proses analisis data.
3. Analisa aliran daya tidak dilakukan per *phase* atau masing-masing *phase* karena dalam penelitian ini keterbatasan data pembebanan masing-masing *phase* pada masing-masing beban.
4. Analisa drop tegangan dilakukan pada waktu yang berbeda yaitu pada jam 06.00 pagi dengan pemakaian beban rata-rata sebanyak 40%, jam 12.00 siang dengan pemakaian beban rata-rata sebanyak 20% dan jam 19.00 malam saat kondisi beban puncak dengan pemakaian beban rata-rata sebanyak 90%.

Setelah mengetahui cara analisa program ETAP power station 4.0, maka dilanjutkan dengan rekonfigurasi jaringan yaitu meliputi pergantian kabel JTR dan penambahan jaringan baru yang diuraikan pada penjelasan berikut ini.

1. JTR daerah Banjar Tulangnyuh merupakan jaringan sistem Radial. Rekonfigurasi dilakukan dengan mengubah posisi jaringan yaitu mengalihkan beberapa beban/pelanggan yang disuplai dari salah satu ujung line tiang JTR yang sambungannya tidak memenuhi standar PLN,

kemudian dialihkan dengan menambahkan jaringan baru dengan menggunakan kabel JTR (SKUTR) jenis LVTC 50mm<sup>2</sup> atau 70mm<sup>2</sup>. Pengalihan jaringan ini nantinya akan membuat perluasan JTR baru di daerah Banjar Tulangnyuh dan dengan konfigurasi yang telah memenuhi standar dari PLN. Dalam melakukan rekonfigurasi jaringan hal yang penting diperhatikan adalah faktor efisiensi biaya investasi pembuatannya. Sehingga dalam hal ini rekonfigurasi JTR di daerah Banjar Tulangnyuh dilakukan tahapan-tahapan perencanaan yaitu meliputi:

- Tahap awal adalah dengan pengalihan dan penambahan JTR baru dengan mengganti semua kabel JTR sebelumnya (menggunakan tipe kabel SKUTR jenis LVTC/NFA 3x35 mm<sup>2</sup>) diganti dengan ukuran kabel ukuran lebih besar yaitu jenis LVTC 3x50 mm<sup>2</sup>, sedangkan kabel SR jenis LVTC 2x10 mm<sup>2</sup> masih tetap digunakan.
- Tahap kedua adalah rekonfigurasi dilakukan apabila drop tegangan pada rekonfigurasi awal belum sesuai dengan standar PLN. Rekonfigurasi ini yaitu dengan mengganti ukuran kabel LVTC 3x50mm<sup>2</sup> dengan kabel JTR LVTC 3x 70 mm<sup>2</sup>, sedangkan kabel SR jenis LVTC 2x 10 mm<sup>2</sup> masih tetap digunakan.

2. Hasil rekonfigurasi JTR daerah Banjar Tulangnyuh adalah sistem Radial dengan penambahan jaringan baru sesuai point (1) di atas.

Hasil rekonfigurasi JTR daerah Tulangnyuh ditunjukkan pada gambar 3 di bawah ini.

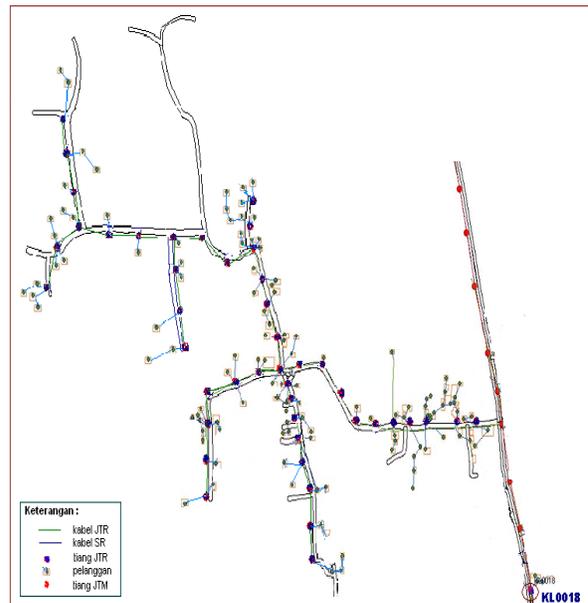
Rekonfigurasi JTR daerah Banjar Tulangnyuh pada tahap perancangan awal adalah dengan mengganti ukuran kabel JTR jenis LVTC 3x35 mm<sup>2</sup> dengan kabel JTR jenis LVTC 3x50 mm<sup>2</sup>, sedangkan kabel SR jenis LVTC 2x10 mm<sup>2</sup> masih tetap digunakan karena kemampuan hantar arus (KHA) kabel ukuran LVTC 2x10mm<sup>2</sup> adalah 60A untuk pemakaian beban maksimal 13.200VA dan itu masih sesuai untuk beban-beban pelanggan daerah Tulangnyuh. Selain mengganti ukuran kabel JTR juga dengan penambahan jaringan baru pada beberapa titik lokasi sambungan yang tidak sesuai ketentuan SPLN. Hasil analisa program ETAP ditampilkan pada tabel 3.

Dari data tabel 2 diketahui tegangan terendah pada kondisi beban puncak (jam 19.00 WITA) terjadi di bus beban 120, yaitu besarnya tegangan tersebut adalah 94,13% atau 217,44V dari tegangan sumber 231V. Besarnya *drop* tegangan jika dinyatakan dalam persentase yaitu :

$$\begin{aligned} &= \frac{Teg.sumber - Teg.ujung}{Teg.sumber} \times 100 \% \\ &= \frac{231V - 217,44V}{231V} \times 100 \% = 5,87\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas bahwa besarnya *drop* tegangan JTR daerah Banjar Tulangnyuh adalah

5,87%. Sedangkan menurut standar PLN (SPLN 72, 1987) *drop* tegangan yang diijinkan untuk JTR tipe radial adalah tidak melebihi 5%. Sehingga dalam hal ini, *drop* tegangan pada JTR daerah Banjar Tulangnyuh masih ada yang belum memenuhi standar (SPLN) yang diijinkan. Oleh sebab itu JTR daerah Tulangnyuh dilakukan rekonfigurasi kembali yaitu mengganti kabel LVTC 3x 50mm<sup>2</sup> dengan LVTC 3x 70 mm<sup>2</sup>.



**Gambar 3. JTR Daerah Banjar Tulangnyuh Hasil Rekonfigurasi**

Setelah rekonfigurasi pada perancangan awal yaitu besarnya *drop* tegangan yang didapat masih melebihi standar PLN sehingga dilakukan rekonfigurasi kembali. Rekonfigurasi sekarang adalah dengan mengganti ukuran kabel JTR LVTC 3x50 mm<sup>2</sup> dengan kabel JTR LVTC 3x70 mm<sup>2</sup>, sedangkan kabel SR jenis LVTC 2x10 mm<sup>2</sup> masih tetap digunakan. Selain mengganti ukuran kabel JTR juga dengan penambahan jaringan baru pada beberapa titik lokasi sambungan yang tidak sesuai ketentuan SPLN. Analisa *drop* tegangan dengan program ETAP *powerstation* 4.0 ditampilkan pada tabel 4.

Setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan, tegangan yang terendah pada waktu beban puncak (jam 19.00 WITA) terjadi di bus beban 120, dimana besarnya nilai tegangan adalah 95,32% atau 220,19V dari tegangan sumber 231V. Sehingga besarnya *drop* tegangan jika dinyatakan dalam persentase adalah :

$$\begin{aligned} \text{persentase } (\%) &= \frac{Teg.sumber - Teg.ujung}{Teg.sumber} \times 100 \% \\ &= \frac{231V - 220,19V}{231V} \times 100 \% = 4,68\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas terlihat bahwa *drop* tegangan terbesar terjadi di bus beban 120 yaitu besarnya *drop* tegangan adalah 4,68%. Sedangkan menurut standar PLN (SPLN 72, 1987) *drop*

tegangan yang diijinkan untuk JTR tipe radial adalah tidak melebihi 5%. Sehingga dalam hal ini, *drop* tegangan pada JTR daerah Tulangnyuh sudah memenuhi standar (SPLN) yang diijinkan.

**Tabel 3. Nilai Tegangan Tertinggi dan Terendah Daerah Banjar Tulangnyuh Setelah Rekonfigurasi Awal**

No	Uraian	Type	Tegangan Pada Jam (%)		
			06.00	12.00	19.00
1	Bus JTR trafo KL0018	SWING	99,47	99,78	99,08
2	Bus beban1	Load	99,36	99,67	98,61
3	Bus beban120	Load	97,26	98,58	94,13

**Tabel 4. Nilai Tegangan Tertinggi dan Terendah Daerah Banjar Tulangnyuh Setelah Rekonfigurasi akhir**

No	Uraian	Type	Tegangan Pada Jam (%)		
			06.00	12.00	19.00
1	Bus JTR trafo KL0018	SWING	99,57	99,78	99,08
2	Bus beban1	Load	99,45	99,72	98,80
3	Bus beban120	Load	97,84	98,90	95,32

**Tabel 5. Perbandingan Nilai Drop Tegangan Sebelum Rekonfigurasi dan Setelah Rekonfigurasi**

Kondisi	Loss (kW)	Loss (%)	Tegangan terendah JTR (V)	Lokasi	% Drop Teg. dari Sumber
Sebelum Rekonfigurasi	7,2	3,6	155	Bus 120	33,06
Setelah Rekonfigurasi	1,8	0,9	220	Bus 120	4,68

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa kondisi daerah Banjar Tulangnyuh setelah dilakukan rekonfigurasi JTR yaitu *drop* tegangan yang didapat sebesar 4,68% dari tegangan sumber 231V dan rugi-rugi daya sebesar 1,8kW. Sehingga nilai *drop* tegangan yang didapat setelah rekonfigurasi jaringan sudah sesuai dengan standar PLN yaitu *drop* tegangan yang diijinkan tidak melebihi 5%.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gonen, Turan. 1986. *Electric Power Distribution Sistem Engineering*. USA : McGraw-Hill.
- [2] Kadir, A. 2006. *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta : UI-Press.
- [3] Marsudi, D. 1990. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Balai Penerbit & Humas ISTN.
- [4] .... SPLN 56, 1984. Jakarta : *Sambungan Listrik*. Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [5] .... SPLN 56-1, 1993. Jakarta : *Sambungan Tenaga Listrik Tegangan Rendah (SLTR)*. Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [6] .... SPLN 72, 1987. *Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) Dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [7] .... SPLN 74, 1987. Jakarta : *Standar Listrik Pedesaan*. Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.