
ANALISIS PENGARUH POLA OPERASI PENYULANG CEKO TERHADAP TEGANGAN UJUNG DI DESA SEBAGIN PLN RAYON TOBOALI

Wella Datika, Tri Hendrawan Budianto, Pardhan Arkan

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung

INTISARI

Jatuh tegangan pada desa Sebagin disebabkan oleh pusat listrik sangat jauh dari beban. Panjang penyulang Ceko 186,362 kms dengan beban 6127,083 kW. Penyulang sangat panjang akan menyebabkan jatuh tegangan pada ujung penyulang, mengatasi hal tersebut PLN Area Bangka mengubah pola operasi penyulang Ceko. Tugas akhir ini bertujuan untuk menghitung aliran daya dan tegangan ujung pada desa Sebagin setelah dilakukan perubahan pola operasi penyulang Ceko, mengetahui pengaruh perubahan pola operasi tersebut, dan mengetahui faktor-faktor penyebab jatuh tegangan di desa Sebagin. Simulasi menggunakan etap 12.0.6, perhitungan manual dan pengukuran dengan pembebanan trafo sesuai dengan data pengukuran dan tegangan kirim sesuai dengan data yang terbaca pada metering outfit (MO), dengan menghitung tegangan ujung per seksi sebelum dan sesudah perubahan pola operasi penyulang ceko. Berdasarkan hasil simulasi, perhitungan dan pengukuran memperlihatkan bahwa nilai tegangan ujung Sebagin lebih baik pada saat disuplai melalui ACR Munggu yaitu 17,21 kV jika dibandingkan pada saat disuplai melalui LBS Malik hanya mencapai 14,20 kV. Hal ini disebabkan tegangan kirim yang diberikan pada LBS Malik lebih rendah dibandingkan ACR Munggu, karena LBS Malik lebih jauh dari pusat listrik. Selain itu suplai penyulang Ceko ke desa Sebagin melalui LBS Malik jauh lebih panjang apabila dibandingkan pada saat disuplai melalui ACR Munggu.

Kata Kunci – ACR Munggu, Ceko, LBS Malik, Sebagin, Tegangan Ujung

ABSTRACT

Voltage Drop at Sebagin village is caused by the distance between the powerplan and the load which is far. The length of "Ceko" Circuit is 186,362 kms with load of 6127,083 kW. A very long circuit will cause a voltage drop on the circuit tip section. In order to overcome this problem, PLN Area Bangka changed the scheme of "Ceko" circuit operations. This final report purposes are to calculate the flow of power and tip voltage in Sebagin village after the change of scheme of operation of "Ceko" circuit, while also to find out the effect of the change of operation scheme, and to discover the factors causing voltage drop in Sebagin village. Simulation using ETAP 12.0.6, manual calculation And measurements by performing transformer assessment corresponding the measurement data and the delivery voltage based on the data read out on the metering outfit (MO), by calculating the tip voltage per section before and after the change of the "Ceko" operation scheme. Based on the simulation result, the calculation and measurement shows that the Sebagin tip voltage value is better when supplied via ACR Munggu which is 17.21 kV compared to when supplied through LBS Malik which only reach 14.20 kV. This is due to the send voltage given to LBS Malik is lower than ACR Munggu, because LBS Malik is further away from the powerplan. In addition, the supply of "Ceko" circuit to Sebagin village via LBS Malik is much longer when compared to when supplied through ACR Munggu.

Key Words – ACR Munggu, Ceko, LBS Malik, Sebagin, Tip Voltage

PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) Wilayah Bangka Belitung Area Bangka masih ada beberapa desa di luar kota Pangkalpinang yang disuplai oleh penyulang dari kota Pangkalpinang. Salah satu penyulang dari kota Pangkalpinang yang menyalurkan energi listrik sampai ke luar kota Pangkalpinang adalah penyulang Ceko yang merupakan salah satu penyulang dari Gardu Induk Pangkalpinang, penyulang ini merupakan salah satu penyulang dengan peringkat gangguan termasuk dalam 10 besar gangguan penyulang yaitu dengan total gangguan sepanjang tahun 2016 sebanyak 36 kali selain merupakan salah satu penyulang dengan jumlah

gangguan yang cukup tinggi dalam satu tahun, penyulang ini juga memiliki beberapa titik jatuh tegangan yang termasuk tinggi yaitu di desa Sebagin dengan tegangan ujung rata-rata 14,24 kV, desa Permis dengan tegangan ujung rata rata 14,48 kV dan desa Rajik dengan tegangan ujung rata-rata 15,31 dengan tegangan kirim yang terbaca pada Gardu Induk Pangkalpinang adalah 20,5 kV. Berdasarkan data yang dikumpulkan dan dianalisis, desa Sebagin merupakan desa dengan tegangan ujung terendah yaitu pada Gardu Distribusi PY067 dengan tegangan pada sisi tegangan menengah sebesar 14,24 kV dan tegangan rendah sebesar 292 V dan tegangan rata-rata pada pelanggan sebesar 168,79 V.

Jatuh tegangan pada desa Sebagian disebabkan oleh pusat listrik yang sangat jauh dari beban. Penyulang Ceko memiliki panjang 186,362 kms dengan beban 6127,083 kW. Penyulang yang sangat panjang akan menyebabkan jatuh tegangan pada suatu ujung penyulang tersebut, mengatasi hal tersebut PT PLN (Persero) Wilayah Bangka Belitung Area Bangka mengubah pola operasi penyulang Ceko untuk suplai dengan membagi dua arah suplai pada titik percabangan di daerah simpang Munggu dengan cara mengoperasikan *Automatic Circuit Recloser* (ACR) Munggu dan menambah *Metering Outfit* (MO) pada desa munggu sebagai alat ukur serah terima energi antar rayon, sehingga yang awalnya suplai penyulang Ceko melalui *Load breaking switch* (LBS) Malik dan MO desa Malik sampai dengan desa Munggu kemudian diubah menjadi dua arah suplai melalui MO desa Munggu sampai dengan LBS Simpang Rimba dan melalui *Metering Outfit* Malik sampai dengan LBS Simpang Rimba, sehingga desa Sebagian yang sebelumnya disuplai melalui MO Malik/ LBS Malik, sekarang disuplai melalui MO Munggu/ACR Munggu yang dianggap lebih dekat dengan beban di desa Sebagian yang merupakan beban ujung penyulang Ceko. Perubahan pola operasi penyulang Ceko ini yang kemudian akan dapat memperbaiki tegangan ujung di Desa Sebagian. Dilatarbelakangi dengan hal tersebut maka akan dibahas mengenai “Analisis Pengaruh Pola Operasi Penyulang Ceko terhadap Tegangan Ujung di Desa Sebagian PLN Rayon Toboali”.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang pernah dilakukan dalam mendukung keberhasilan penelitian yang dilakukan ini, penelitian Erhaneli dan Aldi Riski (2013) dengan judul Pengaruh Penambahan Jaringan Terhadap Drop Tegangan pada SUTM 20kV Feeder Kersik Tuo Rayon Kersik Tuo Kabupaten Kerinci, mengkaji tentang *drop* tegangan yang terjadi pada Feeder Kersik Tuo sebelum dan sesudah penambahan jaringan, dan membandingkan hasil perhitungan dengan standar drop tegangan yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero) Rayon Kersik tuo sesuai dengan TMP (Tingkat Mutu Pelayanan) PLN Setempat yaitu 17 KV – 20 KV.

Pada tahun 2015, dilakukan penelitian dengan Judul Analisis Perbaikan Losses dan Jatuh Tegangan pada Jaringan Sambungan Rumah tidak Standar dengan simulasi *software ETAP 7.5.0* oleh Agung Nugroho dan Eko Setiawan.

Julen Kartoni S dan Edy Ervianto (2016) dengan judul Analisis Rekonfigurasi Pembebanan untuk mengurangi Rugi-rugi Daya pada Saluran Distribusi 20 kV, dimana analisis rekonfigurasi beban tersebut dengan menggunakan *ETAP 12.6.0*.

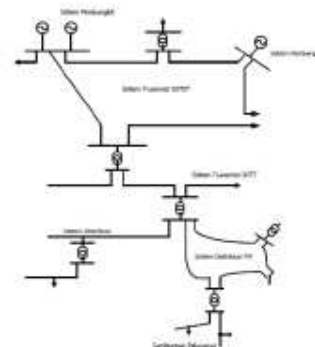
Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi adalah sistem yang berfungsi mendistribusikan tenaga listrik kepada para pemanfaat. Sistem distribusi terbagi 2 bagian :

- Sistem Distribusi Tegangan Menengah
- Sistem Distribusi Tegangan Rendah

Sistem Distribusi Tegangan Menengah mempunyai tegangan kerja di atas 1 kV dan setinggi-tingginya 35 kV. Sistem Distribusi Tegangan Rendah mempunyai tegangan kerja setinggi-tingginya 1 kV. Jaringan distribusi Tegangan Menengah berawal dari Gardu

Induk/Pusat Listrik pada sistem terpisah/isolated. Sambungan Tenaga Listrik adalah bagian paling hilir dari sistem distribusi tenaga listrik. Pada Sambungan Tenaga Listrik tersambung Alat Pembatas dan Pengukur (APP) yang selanjutnya menyalurkan tenaga listrik kepada pemanfaat. Konstruksi keempat sistem tersebut dapat berupa Saluran Udara atau Saluran Bawah Tanah disesuaikan dengan kebijakan manajemen, masalah kontinuitas pelayanan, jenis pelanggan, pada beban atas permintaan khusus dan masalah biaya investasi.



Gambar 1. Pola Sistem Tenaga Listrik

Jaringan Tegangan Menengah

Dengan ditetapkan standar Tegangan Menengah sebagai tegangan operasi yang digunakan di Indonesia adalah 20 kV, konstruksi JTM wajib memenuhi kriteria enjinereng keamanan ketenagalistrikan, termasuk didalamnya adalah jarak aman minimal antara fasa dengan lingkungan dan antara fasa dengan tanah, bila jaringan tersebut menggunakan Saluran Udara atau ketahanan Isolasi jika menggunakan Kabel Udara Pilin Tegangan Menengah atau Kabel Bawah Tanah Tegangan Menengah serta kemudahan dalam hal pengoperasian atau pemeliharaan Jaringan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) pada jaringan utama. Hal ini dimaksudkan sebagai usaha menjaga keandalan kontinuitas pelayanan konsumen.

Load Flow Analysis

Analisis aliran daya merupakan analisis yang dilakukan terhadap system dimana dari analisis tersebut akan didapat daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dari suatu system pembangkit, dalam hal ini pembangkit merupakan sumber ataupun penerima hingga sampai kepada beban atau sisi penerima.

Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan dapat didefinisikan sebagai besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan berbanding lurus dengan impedansi saluran. Jatuh tegangan atau jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam % atau dalam besaran Volt.

Besarnya tegangan jatuh , bisa kita hitung dengan menggunakan persamaan, yaitu :

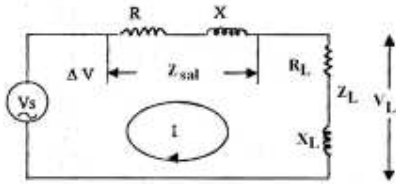
$$\Delta V = |V_s| - |V_r| \quad (2.1)$$

dimana :

V_s = Tegangan ujung kirim (Volt)

V_r = Tegangan ujung terima (Volt)

Jadi, ΔV adalah selisih antara tegangan ujung kirim dengan tegangan ujung terima, hal ini dapat dilihat pada gambar rangkaian ekivalen dibawah ini



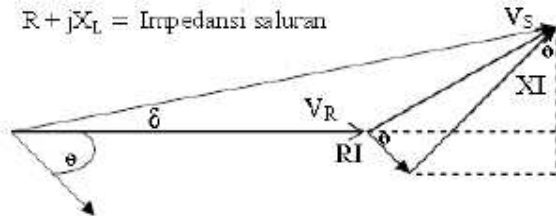
Gambar 2. Rangkaian Ekivalen Saluran Distribusi

Dengan :

- R = resistansi saluran (Ω)
- X = reaktansi saluran (Ω)
- Z_{sal} = Impedansi saluran (Ω)
- R_L = resistansi beban (Ω)
- X_L = Reaktansi beban (Ω)
- Z_L = impedansi beban (Ω)
- I = arus beban (A)

ΔV = susut tegangan (Volt)

$R + jX_L$ = Impedansi saluran



Gambar 3 Diagram Pasor untuk Feeder pada PF Lagging

Untuk menghitung berapa besar jatuh tegangan (ΔV), diasumsikan bentuk sirkit adalah fasa tunggal dua kawat dimana resistansi dan reaktansinya masing – masing dinyatakan dengan R dan X , pada ujung ujung – ujung saluran di hubungkan dengan sebuah beban (Z_L (lihat gambar 2.2), maka tegangan kirim ditentukan dengan menggunakan bilangan kompleks dan tegangan terima V_r di ambil sebagai :

$$V_s = V_r + I R \cos \phi + I X \sin \phi \quad (2.2)$$

Karena faktor $(I R \cos \phi + I X \sin \phi)$ pada Gambar 2.3 sama dengan $I Z$, maka persamaan menjadi :

$$V_s = V_r + I Z \text{ atau } V_s - V_r = I Z \quad (2.3)$$

sehingga $\Delta V = I Z$

$$\Delta V = I R \cos \phi + I X \sin \phi \quad (2.4)$$

Untuk menganalisis jatuh tegangan, harus diketahui tegangan-tegangan standar yang diatur dalam SPLN 1:1995 yang berlaku bagi sistem distribusi dan pemanfaatan arus bolak-balik serta perlengkapan yang digunakan dalam sistem tersebut dengan frekuensi standar 50 Hz yang bertegangan nominal di atas 100 Volt. SPLN ini menggantikan SPLN 1:1978 tentang tegangan tegangan standar dengan variasi tegangan pelayanan ditetapkan maksimum +5% dan minimum -10% terhadap tegangan nominal.

Resistansi Saluran Jaringan Tegangan Menengah

Hambatan atau resistensi berguna untuk mengatur besarnya kuat arus listrik yang mengalir melalui suatu rangkaian listrik. Dalam radio dan televisi, resistensi berguna untuk menjaga kuat arus dan tegangan pada nilai tertentu dengan tujuan agar komponen-komponen listrik lainnya dapat berfungsi dengan baik.

Berdasarkan eksperimen, Ohm juga merumuskan bahwa hambatan R kawat logam berbanding lurus dengan panjang l , berbanding terbalik dengan luas penampang lintang kawat A , dan bergantung kepada jenis bahan tersebut. Secara matematis dituliskan:

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (2.5)$$

Pilihan konduktor penghantar telanjang yang memenuhi pada dekade ini adalah AAC atau AAAC, sebagai akibat tingginya harga tembaga dunia, saat ini belum memungkinkan penggunaan penghantar berbahan tembaga sebagai pilihan yang baik. Penghantar yang paling banyak digunakan pada konstruksi saluran udara tegangan menengah (SUTM) adalah AAAC, penggunaan hantaran Aluminium campuran (AAAC) dibakukan dalam SPLN 41-8:1981 dan dijelaskan pula dalam SNI 04-355-1994. Standar mutu bahan kawat Aluminium campuran untuk hantaran Aluminium Campuran (AAAC) dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1 Standar Mutu Hantaran Aluminium Campuran

No	Sifat	Syarat
1	Tahanan jenis arus searah pada suhu 20 °C (maximum) Berat jenis pada suhu 20 °C	0,0328 ohm.mm ² /m
2	Koefisien muai panjang	2,7 kg/dm ³
3	Koefisien suhu (α) pada suhu 20 °C	23x / °C
4	diukur antara 2 titik potensial yang dipasang secara kaku pada kawat	0,00360/ °C
5	Kemurnian Aluminium campuran (Magnesium /Silicon) Aluminium Magnesium Silicon	Min 97,28% ± 0,5% ± 0,5%

Sumber : SPLN 41-8:1981 dan SNI 04-355-1994

Setelah diketahui standar mutu bahan kawat Aluminium campuran sesuai tabel 2.1, resistansi (R) dan reaktansi (X) pada penghantar Aluminium campuran (AAAC) dijelaskan pula dalam SPLN 64: 1985, hal ini perlu diketahui salah satunya untuk pemilihan dan penggunaan pelebur pada sistem distribusi tegangan menengah. Berikut ini adalah resistansi dan reaktansi saluran untuk penghantar Aluminium campuran (AAAC).

Tabel.2 Tahanan AAAC Tegangan 20 kV

Luas Penampang (mm ²)	Impedansi urutan positif (ohm/km)	Impedansi urutan nol (ohm/km)
16	2,0161+j0,4036	2,1641+j16911
25	1,2903+j0,3895	1,4384+j1,6770
35	0,9217+j0,3790	1,0697+j16665
50	0,6452+j0,3678	0,7932+j1,6553
70	0,4608+j0,3572	0,6088+j1,6447
95	0,3096+j3449	0,4876+j1,632

		4
120	0,2688+j0,3376	0,4168+j1,6324
150	0,2162+j0,3305	0,3631+j1,6180
185	0,1744+j0,3239	0,3224+j1,6114
240	0,1344+j0,3158	0,2824+j1,6034

Sumber : SPLN 64: 1985

Rekonfigurasi Jaringan Radial

Rekonfigurasi jaringan distribusi dilakukan dengan tujuan meminimalisasi rugi-rugi dapat dilakukan dengan berbagai cara, anatar lain merubah status saklar pemisah dan saklar penghubung, merubah jenis kabel saluran atau merubah struktur topologi jaringan yang sudah ada.

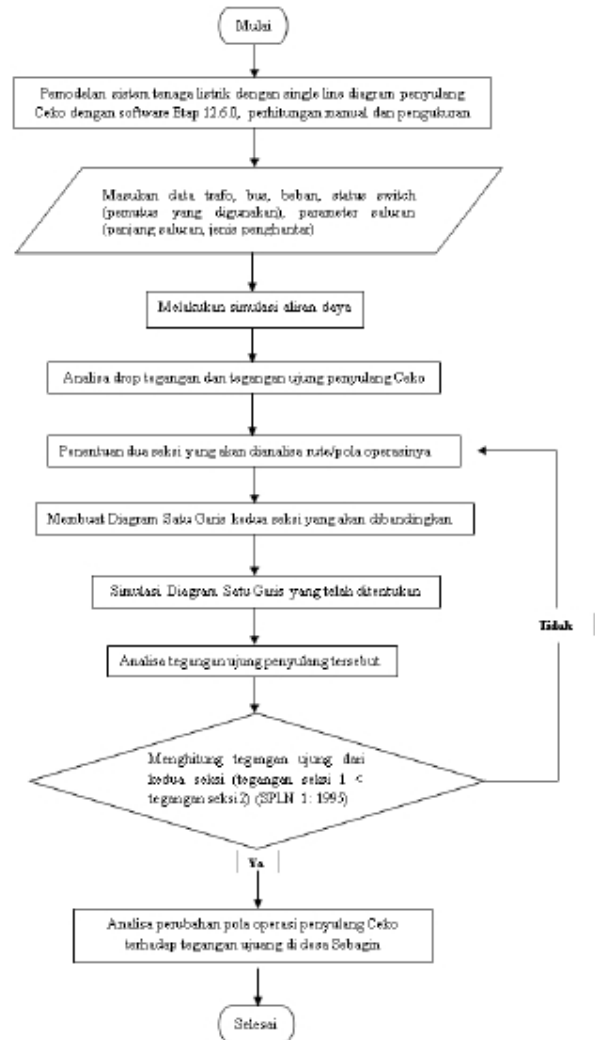
Program *ETAP* 12.6.0

Program *ETAP PowerStation* adalah software untuk power sistem yang bekerja berdasarkan perencanaan (plant/project). Dalam *PowerStation*, setiap perencanaan harus menyediakan data base untuk keperluan itu. *ETAP PowerStation* dapat melakukan penggambaran *single line diagram* secara grafis dan mengadakan beberapa analisis/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), *motor starting*, *harmonics power systems*, *transient stability*, dan *protective device coordination*.

METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan membuat pemodelan sistem tenaga listrik dalam single line diagram penyulang Ceko dengan software ETAP 12.6.0, selanjutnya memasukkan data trafo, bus, beban, status switch (pemutus yang digunakan), dan parameter saluran (panjang saluran, jenis penghantar). Setelah itu melakukan simulasi aliran daya dengan topologi existing untuk mendapatkan tegangan ujung penyulang sebelum pola operasi penyulang Ceko diubah, kemudian menentukan seksi yang akan dianalisis rute/pola operasinya dengan cara mengatur status switch/LBS/ACR pada penyulang Ceko dan membuat single line diagram kedua seksi yang akan dibandingkan pola operasinya dengan fokus penelitian tegangan ujung tetap pada titik yang sama yaitu dalam hal ini desa Sebagin pada gardu distribusi PY067, selanjutnya dilakukan simulasi pada pemodelan yang telah dibuat dan menganalisis tegangan ujung penyulang Ceko. Setelah tegangan ujung sudah diketahui dengan pemodelan yang baru, maka dibandingkan tegangan ujung dari kedua seksi yaitu tegangan ujung pada saat kondisi sebelum dan sesudah diubah pola operasi penyulang dengan syarat tegangan seksi 1 tidak sama dengan seksi 2. Apabila tegangan ujung yang dihasilkan sama, maka percobaan diulang dengan cara menentukan titik pelepasan switch/LBS/ACR sampai akhirnya dihasilkan tegangan ujung di desa Sebagin pada kondisi sesudah dan sebelum diubah pola operasi tidak sama. Jika tegangan ujung seksi pertama dan kedua sudah tidak sama, penelitian dilanjutkan dengan menganalisis perubahan pola operasi penyulang Ceko terhadap tegangan ujung

di desa Sebagin. Selain analisis dilakukan dengan simulasi ETAP 12.6.0, hasil dari simulasi ETAP juga dibandingkan dengan perhitungan secara manual dan data hasil pengukuran sesuai laporan pengukuran gardu distribusi PT PLN (Persero) Rayon Toboali

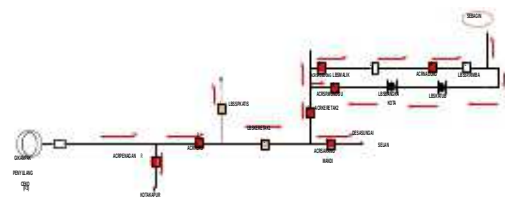


Gambar 4. *Flowchart Diagram Rancangan Penelitian*

.HASIL DAN PEMBAHASAN

POLA OPERASI PENYULANG CEKO

Topologi Existing Single Line Diagram Penyulang Ceko

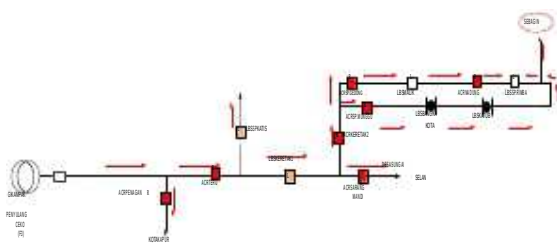


Gambar. 5. Topologi *Existing* Pola Operasi Penyulang
Ceko

Penyulang Ceko adalah salah satu penyulang dari Gardu Induk Pangkalpinang dengan beban rata-rata 210 A atau setara dengan 6,7 MW pada waktu beban

puncak, kondisi awal pola operasi penyulang Ceko ini sedikit rumit dan memutar karena penyulang ini dengan suplai tidak hanya untuk pelanggan pada PLN Rayon Pangkalpinang yaitu juga melistriki pelanggan di daerah Bangka Selatan yang termasuk dalam area kerja PLN Rayon Toboali. Untuk suplai ke daerah Rayon Toboali, penyulang ini memiliki arah yang sedikit memutar yaitu melalui Malik kemudian memutar kearah Simp Munggu sebagai titik terakhir suplai penyulang Ceko untuk PLN Rayon Toboali, pola operasi yang memutar ini menyebabkan jatuh tegangan pada beberapa titik ujung penyulang Ceko yaitu salah satunya adalah desa Sebagian dengan tegangan rata-rata pada beban puncak mencapai 14,20 kV yang mana angka tersebut sudah diluar batas toleransi SPLN nomor 72 tahun 1987 tentang jatuh tegangan.

Single Line Diagram Setelah Perubahan Pola Operasi Penyulang Ceko



Gambar. 6 Perubahan Pola Operasi Penyulang Ceko

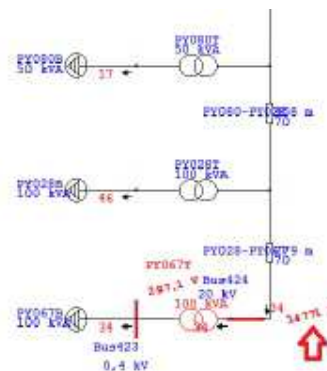
Gambar 6 menunjukkan SLD (*Single Line Diagram*) Penyulang Ceko setelah dilakukan perubahan pola operasi dengan cara membagi dua suplai penyulang Ceko yaitu melalui LBS Malik dan ACR Munggu, kemudian selanjutnya lepas di LBS Simpang Rimba sedangkan kondisi sebelumnya suplai melalui Malik dan lepas di ACR Munggu. Pola Operasi dengan mengubah posisi ACR Munggu ke kondisi *close* (tertutup) dan mengubah posisi LBS Simpang Rimba ke kondisi *open* (terbuka) dengan begitu desa Sebagian yang awalnya disuplai oleh penyulang Ceko melalui LBS Malik, kini disuplai oleh penyulang Ceko melalui ACR Munggu dan suplai penyulang Ceko melalui LBS Malik hanya sampai LBS Simp Rimba saja.

Analisis Tegangan Ujung Penyulang Ceko pada desa Sebagian

Analisis Tegangan Ujung Seksi LBS Malik sampai desa Sebagian

- Simulasi *ETAP* Seksi LBS Malik sampai desa Sebagian

Setelah data-data dan parameter sudah dimasukan dalam program *output*, untuk perhitungan yang lebih akurat maka selanjutnya diatur pembebanan tiap-tiap trafo distribusi sesuai dengan pengukuran *real* di lapangan. Setelah parameter dan data pendukung sudah dimasukan, maka program siap dijalankan.



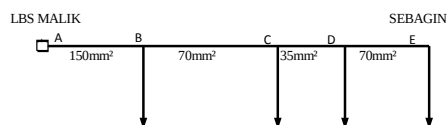
Gambar 7 Simulasi *ETAP* Suplai desa Sebagian melalui LBS Malik

Hasil simulasi *ETAP* untuk perhitungan tegangan ujung di desa Sebagian PLN Rayon Toboali, simulasi *ETAP* diatas dimulai dengan membuat power grid (sumber) di depan *Metering Outfit* Malik dengan simulasi tegangan sumber pada waktu beban puncak yaitu 16,77 kV sesuai dengan data pengukuran gardu distribusi dengan kapasitas trafo 4,910 MVA dengan total beban pada waktu beban puncak 2,032 MVA, kemudian dibuat *line/cable* dari LBS Malik sampai dengan desa Sebagian sejauh 71,445 km sesuai data pada laporan ikhtisar teknik bulanan PLN Area Bangka Rayon Toboali dengan tetap memperhatikan jenis penampang dan diameter penampang yang digunakan, pemodelan *ETAP* untuk kondisi eksisting ini sesuai dengan diagram yang sudah dibuat untuk aliran daya sesuai dengan gambar 4.1 yaitu aliran daya mulai dari LBS Malik menuju ACR Nadung kemudian LBS Simp. Rimba kearah Bangka Kota kemudian berakhir di ACR Munggu, dengan pemodelan *ETAP* dengan pola operasi yang seperti itu didapat hasil perhitungan tegangan ujung tegangan menengah (TM) sebesar 14,771 kV dan tegangan rendah sebesar 297,1 V untuk tegangan *line to line*.

- Perhitungan Tegangan Ujung Section LBS Malik-Sebagian

Setelah dilakukan simulasi *ETAP*, selanjutnya dibuat perhitungan tegangan ujung seksi LBS Malik – Sebagian dengan kapasitas rata-rata 4,9 MW, penyulang ini menggunakan penghantar jenis *ALL Aluminium Alloy Konduktor* dengan luas penampang yang bervariasi mulai dari 35 mm², 70 mm² dan 150mm².

Perhitungan untuk jatuh tegangan dapat dilakukan dengan data-data yang telah didapatkan. Perhitungan dilakukan dengan cara pendekatan perhitungan jatuh tegangan perseksi penampang, perhatikan gambar dibawah ini :



Gambar 8. Diagram Perhitungan Tegangan Ujung Seksi LBS Malik – Sebagian

Diketahui:

Tabel 3. Perhitungan Jatuh Tegangan

No	Penghantar	Panjang (km)	Resistansi Saluran (ohm/km)	Reaktansi Saluran (ohm/km)	Tegangan Kirim (kV)	Total Beban (kVA)	Arus rata-rata (A)	Cos phi
1	Seksi A-B	17,156	0,2162	0,3305	16,77	2031,67	121,15	0,98
2	Seksi B-C	25,815	0,4608	0,3572	?	1434,26	?	0,98
3	Seksi C-D	8,813	0,9217	0,379	?	176,42	?	0,98
4	Seksi D-E	19,661	0,4608	0,3572	?	622,5	?	0,98

Karena ada perbedaan penampang pada saluran, maka perhitungan jatuh tegangan dilakukan dengan pendekatan perhitungan perseksi penampang. Untuk penampang *ALL Aluminium Alloy Conductor* (A3C) dengan diameter penampang 150mm² dengan panjang penghantar 36,175 km, didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\cos = 0,98$$

$$\cos = 11,48$$

$$\sin = 0,2$$

$$\begin{aligned} \text{Jatuh Tegangan} &= I \times (R \cos + \sin \times l) \\ &= 121,15 \times ((0,2162 \times 0,98) + (0,3305 \times 0,2)) \times 17,156 \\ &= 577,755 \text{ V} \end{aligned}$$

Tegangan Terima ujung

$$= \text{Tegangan kirim} - \text{jatuh tegangan}$$

$$= 16770 - 577,755$$

$$= 16192,25 \text{ V}$$

$$= 16,19 \text{ kV}$$

$$\text{Besarnya jatuh tegangan (\%)} =$$

$$=$$

$$= 3,45\%$$

Setelah didapatkan tegangan ujung penghantar, maka tegangan tersebut akan menjadi tegangan kirim seksi selanjutnya untuk penampang *ALL Aluminium Alloy Conductor* (A3C) dengan diameter penampang 70mm² (seksi B-C) dengan panjang penghantar 15,815 km. Jika diketahui tegangan kirim dan daya/beban total maka dapat dihitung arus rata-rata, yaitu :

$$I = \frac{S}{V} =$$

Sehingga untuk mencari jatuh tegangan seksi B-C:

$$\begin{aligned} \text{Jatuh Tegangan} &= I \times (R \cos + \sin \times l) \\ &= 88,577 \times ((0,4608 \times 0,98) + (0,3572 \times 0,2)) \times 25,815 \\ &= 1195,95 \text{ V} \end{aligned}$$

Tegangan Terima ujung

$$= \text{Tegangan kirim} - \text{jatuh tegangan}$$

$$= 16192,25 - 1195,95$$

$$= 14996,29 \text{ V}$$

$$= 14,996 \text{ kV}$$

$$\text{Besarnya jatuh tegangan (\%)} =$$

$$=$$

$$= 7,39\%$$

Setelah didapatkan tegangan ujung penghantar, maka tegangan tersebut akan menjadi tegangan kirim seksi selanjutnya untuk penampang *ALL Aluminium Alloy Conductor* (A3C) dengan diameter penampang 35mm² (seksi C-D) dengan panjang penghantar 8,813 km. Jika diketahui tegangan kirim dan daya/beban total maka dapat dihitung arus rata-rata, yaitu :

$$I = \frac{S}{V} =$$

Sehingga untuk mencari jatuh tegangan seksi C-D adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jatuh Tegangan} &= I \times (R \cos + \sin \times l) \\ &= 51,774 \times ((0,9217 \times 0,98) + (0,379 \times 0,2)) \times 8,813 \\ &= 446,734 \text{ V} \end{aligned}$$

Tegangan Terima ujung

$$= \text{Tegangan kirim} - \text{jatuh tegangan}$$

$$= 14996,29 - 446,734$$

$$= 14549,56 \text{ V}$$

$$= 14,549 \text{ kV}$$

$$\text{Besarnya jatuh tegangan (\%)} =$$

$$=$$

$$= 2,98\%$$

Setelah didapatkan tegangan ujung penghantar, maka tegangan tersebut akan menjadi tegangan kirim seksi selanjutnya untuk penampang *ALL Aluminium Alloy Conductor* (A3C) dengan diameter penampang 70mm² (seksi D-E) dengan panjang penghantar 19,661 km. Jika diketahui tegangan kirim dan daya/beban total maka dapat dihitung arus rata-rata, yaitu :

$$I = \frac{S}{V} =$$

Sehingga untuk mencari jatuh tegangan seksi D-E, adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jatuh Tegangan} &= I \times (R \cos + \sin \times l) \\ &= 42,785 \times ((0,4608 \times 0,98) + (0,3572 \times 0,2)) \times 19,661 \\ &= 439,36 \text{ V} \end{aligned}$$

Tegangan Terima ujung

$$= \text{Tegangan kirim} - \text{jatuh tegangan}$$

$$= 14549,56 - 439,36$$

$$= 14109,59 \text{ V}$$

$$= 14,11 \text{ kV}$$

$$\text{Besarnya jatuh tegangan (\%)} =$$

$$=$$

$$= 3,02\%$$

c. Pengukuran Tegangan Ujung untuk Seksi LBS Malik – Sebagin

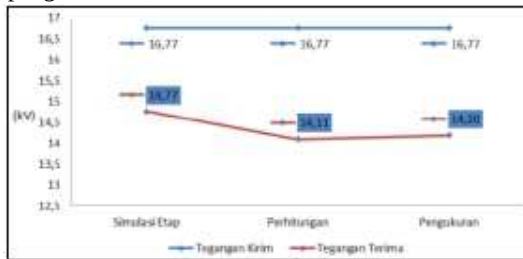
Setelah dilakukan simulasi *ETAP* dan perhitungan tegangan ujung desa Sebagin yang dalam hal ini tegangan ujung atau tegangan terima pada Gardu Distribusi PY067, maka didapat pula data hasil pengukuran langsung yang dilakukan oleh petugas pelayanan teknik PT. PLN Rayon Toboali sesuai yang telah dilaporkan dalam laporan pengukuran gardu sistribusi PLN Rayon Toboali.

Tabel 4 Pengukuran Tegangan Ujung Seksi LBS Malik - Sebagin

No	Tanggal Ukur	Jam Ukur	Tegangan Pangkal (Kilo Volt)	Data Pengukuran Gardu				
				Tegangan Rendah (Volt)			Tap Trafo	Tegangan Menengah (Kilo Volt)
				R-S	S-T	T-R		
1	11/03/2015	18.04	16,77	300	297	277	4	14,20
2	11/11/2015	20.10	16,88	299	295	282	4	14,24

Dibawah ini adalah grafik perbandingan analisis tegangan ujung desa Sebagin dengan 3 metode

perhitungan yaitu, simulasi ETAP, perhitungan manual dan pengukuran.



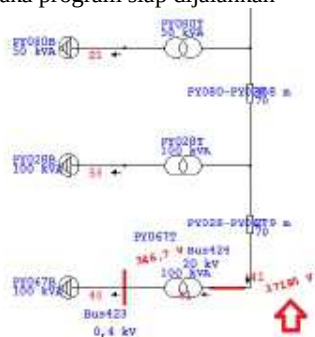
Gambar 9. Grafik Nilai Tegangan Ujung Seksi LBS Malik – Sebagian

Terlihat bahwa ada perbedaan hasil nilai tegangan ujung desa Sebagian pada saat disuplai melalui LBS Malik, dalam hal ini perhitungan manual tegangan ujung desa Sebagian adalah 14,11 kV lebih mendekati pengukuran tegangan ujung pada waktu beban puncak di desa Sebagian yaitu 14,20kV, sedangkan untuk simulasi ETAP didapatkan hasil 14,77. Perbedaan nilai tegangan ujung ini dapat disebabkan oleh perkiraan kondisi beban pada simulasi ETAP yang diasumsikan dengan 30% motor dan 70% stator, karena dalam penelitian ini tidak melakukan sampling beban langsung ke lapangan untuk mengetahui kondisi beban secara *real*, selain itu untuk metode perhitungan juga mengabaikan titik percabangan/persimpangan sehingga didapatkan nilai tegangan ujung yang berbeda, namun masih mendekati nilai pengukuran secara *real* di lapangan pada waktu beban puncak (WBP).

Analisis Tegangan Ujung Seksi ACR Munggu sampai desa Sebagian

a. Simulasi ETAP Seksi ACR Munggu - Sebagian

Setelah parameter dan data pendukung sudah dimasukkan, maka program siap dijalankan



Gambar 10. Simulasi ETAP Suplai desa Sebagian melalui ACR Munggu

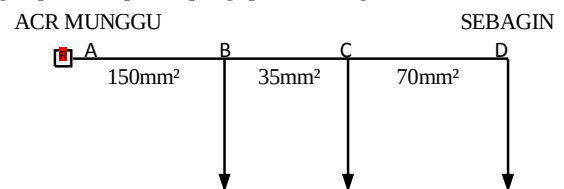
Hasil simulasi ETAP untuk perhitungan tegangan ujung di desa Sebagian PLN Rayon Toboali melalui ACR Munggu, simulasi ETAP diatas dimulai dengan menambahkan *power grid* (sumber) pada simulasi ETAP untuk suplai desa sebagian melalui LBS Malik yang telah dibuat terdahulu. *Power grid* yang baru ditempatkan didepan ACR munggu dengan kapasitas trafo 2,360 MVA, yang semula simulasi ETAP pertama aliran daya berakhir pada ACR munggu dengan kondisi *open* (terbuka). Untuk pemodelan yang kedua ini setelah *power grid* dibuat kemudian ditarik line/cable dari ACR Munggu sampai dengan desa Sebagian sejauh 31,225 km sesuai data pada laporan ikhtisar teknik bulanan PLN Area Bangka Rayon Toboali, pemodelan ETAP untuk kondisi ini sesuai

dengan diagram yang sudah dibuat untuk aliran daya sesuai dengan gambar 4.4 yaitu aliran daya mulai dari ACR Munggu menuju LBS Bangka Kota kemudian lepas di LBS Simp. Rimba, sehingga desa Sebagian mendapat suplai dari penyulang Ceko melalui ACR Munggu dan suplai penyulang Ceko melalui LBS Malik berakhir di LBS Simp Rimba. Pemodelan ETAP dengan pola operasi yang seperti itu didapat hasil perhitungan tegangan ujung pada desa Sebagian Rayon Toboali untuk Gardu PY067 dengan tegangan menengah (TM) sebesar 17,195 kV dan tegangan rendah sebesar 346,7 V untuk tegangan *line to line*.

b. Perhitungan Tegangan Ujung Seksi ACR Munggu – Sebagian

Setelah dilakukan simulasi ETAP, selanjutnya dibuat perhitungan tegangan ujung seksi ACR Munggu – Sebagian dengan kapasitas rata-rata 2,2 MW, penyulang ini menggunakan penghantar jenis *ALL Aluminium Alloy Conduktor* dengan luas penampang yang bervariasi mulai dari 35 mm², 70 mm² dan 150mm².

Perhitungan untuk jatuh tegangan dapat dilakukan dengan data-data yang telah diketahui. Perhitungan dilakukan dengan cara pendekatan perhitungan jatuh tegangan perseksi penampang, perhatikan gambar 4.7 :



Gambar. 11 Diagram Perhitungan Tegangan Ujung Seksi ACR Munggu – Sebagian

Diketahui:

Tabel 5. Perhitungan Jatuh Tegangan Seksi ACR Munggu- Sebagian

N o	Penghantar	Panjang (km)	Resistansi Saluran (ohm/km)	Reaktansi Saluran (ohm/km)	Tegangan Kirim (kV)	Total Beban (kVA)	Arus rata-rata (A)	Cos phi
1	Seksi A-B	6,89	0,2162	0,3305	17,86	923,3	51,72	0,96
2	Seksi B-C	4,674	0,0217	0,3370	?	750,0	?	0,96
3	Seksi C-D	19,661	0,4608	0,3572	?	622,5	?	0,96

Karena ada perbedaan penampang pada saluran, maka perhitungan jatuh tegangan dilakukan dengan pendekatan perhitungan perseksi penampang, Untuk penampang *ALL Aluminium Alloy Conductor* (A3C) dengan diameter penampang 150mm² (seksi A-B) dengan panjang penghantar 6,89 km, didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \cos &= 0,96 \\ \cos &= 16,26 \\ \sin &= 0,28 \\ \text{Jatuh Tegangan} &= I \times (R \cos + \sin \times l) \\ &= 51,72 \times ((0,2162 \times 0,96) + (0,3305 \times 0,28) \times 6,89 \\ &= 106,947 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Terima ujung} &= \text{Tegangan kirim} - \text{jatuh tegangan} \\ &= 17860 - 106,947 \\ &= 17753,05 \text{ V} \\ &= 17,753 \text{ kV} \end{aligned}$$

Besarnya jatuh tegangan (%) =

$$= 0,60\%$$

Setelah didapatkan tegangan ujung penghantar, maka tegangan tersebut akan menjadi tegangan kirim seksi selanjutnya untuk penampang ALL Aluminium Alloy Conductor (A3C) dengan diameter penampang 35mm² (seksi B-C) dengan panjang penghantar 4,674 km. Jika diketahui tegangan kirim dan daya/beban total maka dapat dihitung arus rata-rata, yaitu :

$$I = \frac{P}{V} = \frac{17753,05}{17,554} = 1009,55 \text{ A}$$

Sehingga untuk mencari jatuh tegangan seksi B-C, adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jatuh Tegangan} &= I \times (R \cos \phi + X \sin \phi) \times l \\ &= 1009,55 \times ((0,9217 \times 0,96) + (0,379 \times 0,28)) \times 4,674 \\ &= 198,26 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Terima ujung} &= \text{Tegangan kirim} - \text{jatuh tegangan} \\ &= 17753,05 - 198,26 \\ &= 17554,80 \text{ V} \\ &= 17,554 \text{ kV} \end{aligned}$$

Besarnya jatuh tegangan (%) =

$$= 1,12\%$$

Setelah didapatkan tegangan ujung penghantar, maka tegangan tersebut akan menjadi tegangan kirim seksi selanjutnya untuk penampang ALL Aluminium Alloy Conductor (A3C) dengan diameter penampang 70mm² (seksi C-D) dengan panjang penghantar 19,661 km. Jika diketahui tegangan kirim dan daya/beban total maka dapat dihitung arus rata-rata, yaitu :

$$I = \frac{P}{V} = \frac{17753,05}{17,554} = 1009,55 \text{ A}$$

Sehingga untuk mencari jatuh tegangan seksi C-D, adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jatuh Tegangan} &= I \times (R \cos \phi + X \sin \phi) \times l \\ &= 1009,55 \times ((0,4608 \times 0,96) + (0,3572 \times 0,28)) \times 19,661 \\ &= 378,143 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Terima ujung} &= \text{Tegangan kirim} - \text{jatuh tegangan} \\ &= 17554,80 - 378,143 \\ &= 17176,65 \text{ V} \\ &= 17,177 \text{ kV} \end{aligned}$$

Besarnya jatuh tegangan (%) =

$$= 2,15 \%$$

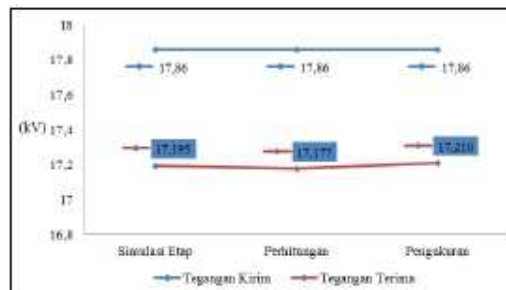
c. Pengukuran Tegangan Ujung untuk Seksi ACR Munggu – Sebagian

Selain melakukan simulasi ETAP dan perhitungan manual, untuk analisis yang lebih tajam penulis mengumpulkan hasil pengukuran tegangan ujung penyulang Ceko pada gardu distribusi PY067 pada kondisi pola operasi awal dan setelah pola operasi penyulang diubah. Dibawah ini adalah hasil pengukuran gardu distribusi PY067 pada saat disuplai melalui ACR Munggu.

Tabel 6. Pengukuran Tegangan Ujung Seksi ACR Munggu – Sebagian

No	Tanggal	Jam	Tegangan Pengkal (Kilo Volt)	Data Pengukuran Gardu				
				Tegangan Rendah (Volt)			Tap Trafo	Tegangan Menengah (Kilo Volt)
				R-S	S-T	T-R		
1	10/08/2016	18.34	17,86	368	365	354	4	17,21
2	27/02/2017	18.33	18,82	378	373	362	4	18,09

Dibawah ini adalah grafik perbandingan analisis tegangan ujung desa Sebagian dengan 3 metode perhitungan yaitu, simulasi ETAP, perhitungan manual dan pengukuran dengan tegangan kirim yang sama sesuai dengan data yang oleh Metering Outfit (MO) Munggu .



Gambar 12. Grafik Nilai Tegangan Ujung Seksi ACR Munggu –Sebagian

Pada gambar 4.8 terlihat bahwa ada perbedaan hasil nilai tegangan ujung desa Sebagian pada saat disuplai melalui ACR Munggu, dalam hal ini simulasi ETAP untuk tegangan ujung desa Sebagian adalah 17,195 kV lebih mendekati pengukuran tegangan ujung pada waktu beban puncak di desa Sebagian yaitu 17,210kV, sedangkan untuk perhitungan manual didapatkan hasil 17,177. Dalam hal ini, untuk nilai tegangan ujung simulasi ETAP lebih mendekati pengukuran sebenarnya jika dibandingkan pada saat suplai desa Sebagian melalui LBS Malik, hal ini disebabkan dengan perkiraan kondisi beban untuk seksi ACR Munggu – Sebagian yaitu 30% motor dan 70% stator mendekati kondisi sebenarnya untuk seksi tersebut, tetapi dalam penelitian ini tidak melakukan sampling beban langsung ke lapangan untuk mengetahui kondisi beban secara *real*, selain itu untuk metode perhitungan juga mengabaikan titik percabangan /persimpangan sehingga didapatkan nilai tegangan ujung yang berbeda, namun masih mendekati nilai pengukuran secara *real* di lapangan pada waktu beban puncak (WBP).

Analisis Pengaruh Pola Operasi Penyulang Ceko terhadap Tegangan Ujung di Desa Sebagian PT PLN (Persero) Rayon Toboali

Analisis Penghantar Saluran

Penghantar pada saluran sistem distribusi tenaga listrik adalah salah satu parameter yang mempengaruhi jatuh tegangan pada sistem distribusi tenaga listrik, dibawah ini adalah tabel perbandingan jenis penghantar yang digunakan, diameter penghantar dan panjang penghantar untuk suplai desa sebagian melalui LBS Malik dan ACR Munggu.

Tabel 7. Perbandingan Penghantar pada seksi Penyulang Ceko

No	Penghantar	LBS MALIK (km)	ACR MUNGGU (km)
1	A3C150	17,156	6,890
2	A3C70	45,476	19,661
3	A3C35	8,813	4,674
TOTAL		71,445	31,225

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa untuk desa Sebagian melalui LBS Malik ataupun ACR Munggu menggunakan jenis penghantar yang sama yaitu *All Aluminium Alloy Conductor* (AAAC) dan diameter penampang yang digunakan mulai dari 35 mm², 70 mm² dan 150mm², namun panjang penghantar yang berbeda. Panjang penghantar untuk suplai penyulang Ceko melalui LBS Malik lebih panjang daripada melalui ACR Munggu yaitu 71,445 km dari LBS Malik sampai desa Sebagian sedangkan apabila disuplai melalui ACR Munggu, panjang penghantar hanya 31,225 km sampai desa Sebagian pada gardu distribusi PY067. Hubungan jatuh tegangan dengan panjang penghantar maka dapat dilihat pada persamaan 2.5.

Berdasarkan persamaan 2.5 panjang saluran berbanding lurus dengan resistansi saluran yaitu semakin panjang saluran maka resistansi saluran akan semakin besar sehingga didapatkan impedansi saluran yang semakin besar pula, impedansi saluran yang besar dapat menyebabkan jatuh tegangan yang besar, hal ini dapat dibuktikan pada persamaan 2.4.

Analisis Pembebanan Trafo

Analisis selanjutnya adalah pada pembebanan trafo distribusi untuk seksi LBS Malik – Sebagian dan MO Munggu – Sebagian.

Tabel 8. Perbandingan Pembebanan Trafo Distribusi

No	Pembebanan Trafo	LBS MALIK	ACR MUNGGU
1	Kapasitas Trafo (kVA)	4 910	2 360
2	Total Pembebanan (kVA)	2 031,67	923,80
3	Pembebanan (%)	41,38%	39,14%

Untuk pembebanan tarfo distribusi, dalam hal ini untuk kedua seksi masih kurang optimal, karena untuk drop tegangan maksimal 10% dan untuk mencapai susut daya yang minimal, pembebanan trafo distribusi yang paling baik adalah pada 50%-60% dari kapasitas terpasang sesuai SPLN 50 : 1997 dan hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran standarisasi JTM dan pembebanan trafo distribusi.

Analisis Tegangan Kirim

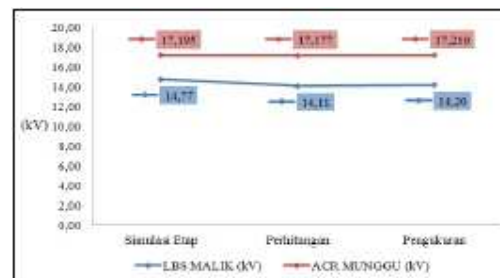
Tegangan kirim suatu penyulang sangat berpengaruh terhadap tegangan terima pada ujung penyulang tersebut. Analisis ini dapat dibuktikan dengan memberikan tegangan kirim yang berbeda pada saluran distribusi dengan panjang dan jenis penghantar yang dipertahankan sama, dengan demikian semakin tinggi tegangan kirim diberikan maka akan semakin tinggi pula tegangan pada ujung saluran dan sebaliknya.

Tabel 9. Perbandingan Tegangan Kirim

No	SEKSI	Tanggal Pengukuran	Jam Pengukuran	TEGANGAN KIRIM (Kilo Volt)	TEGANGAN TERIMA (Kilo Volt)
1	LBS Malik - Sebagian	11/03/2015	18.04	16,77	14,20
2	LBS Malik - Sebagian	11/11/2015	20.10	16,88	14,24
3	ACR Munggu- Sebagian	10/08/2016	18.34	17,86	17,21
4	ACR Munggu- Sebagian	27/02/2017	18.33	18,82	18,09

Tabel diatas menunjukkan hasil pengukuran tegangan ujung pada penyulang Ceko, terlihat bahwa semakin tinggi tegangan kirim untuk suatu seksi yang sama maka semakin tinggi pula tegangan ujung penyulang tersebut. Untuk seksi LBS Malik sampai sebagian, tegangan pangkal yang terbaca pada *Metering Outfit* Malik adalah 16,77 kV hal ini disebabkan LBS Malik lebih jauh jika dibandingkan dengan ACR munggu dari pusat listrik yaitu Gardu Induk Pangkalpinang, sehingga tegangan pangkal pada LBS Malik lebih kecil apabila dibandingkan dengan tegangan pangkal pada ACR Munggu.

Setelah dilakukan analisis pada parameter-parameter yang mempengaruhi tegangan ujung penyulang Ceko pada gardu distribusi PY067 di desa Sebagian PT PLN Rayon Toboali, dibawah ini adalah grafik perbandingan perhitungan tegangan ujung desa Sebagian melalui LBS Malik dan ACR Munggu.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Tegangan Ujung Penyulang Ceko

Grafik pada gambar 4.9 menunjukkan hasil perhitungan tegangan ujung penyulang Ceko melalui LBS Malik dan ACR Munggu dengan simulasi ETAP, perhitungan manual dan pengukuran. Tegangan ujung penyulang Ceko di desa Sebagian pada PY067 lebih baik jika disuplai melalui ACR Munggu yaitu 17 kV sedangkan pada saat disuplai melalui LBS Malik hanya mencapai 14 kV. Meski tegangan ujung penyulang Ceko menjadi lebih baik pada saat disuplai melalui ACR Munggu, namun jatuh tegangan terhadap tegangan sumber pada GI dengan tegangan kirim yang diberikan 20,5 kV adalah sekitar 16%. Angka tersebut sudah diluar batas toleransi jatuh tegangan yaitu +5% dan -10% sesuai SPLN 1 tahun 1995.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dan data yang telah didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Tegangan ujung di desa Sebagian pada gardu distribusi PY067 dihitung dengan cara pemodelan simulasi ETAP, perhitungan manual dan pengukuran didapatkan hasil tegangan ujung yang lebih baik pada saat disuplai melalui ACR Munggu

yaitu secara simulasi ETAP, perhitungan manual dan pengukuran berturut-turut dengan nilai : 17,195 kV, 17,177 kV dan 17,21 kV.

2. Sedangkan tegangan ujung di desa Sebagian pada saat disuplai oleh penyulang Ceko melalui LBS Malik didapat hasil berturut-turut dengan cara simulasi ETAP, perhitungan manual dan pengukuran dengan nilai : 14,77 kV, 14,11 kV dan 14,20 kV.
3. Tegangan ujung di desa Sebagian menjadi lebih baik setelah pola operasi diubah, hal ini disebabkan oleh tegangan pangkal yang diberikan pada ACR Munggu lebih baik daripada tegangan yang terbaca di LBS Malik sehingga tegangan ujung menjadi lebih baik pula. Selain itu panjang penghantar penyulang Ceko pada saat suplai ke desa Sebagian melalui LBS Malik adalah lebih dari dua kali lipat dibanding suplai melalui ACR Munggu yaitu 71,445 km, sedangkan pada saat melalui ACR Munggu hanya 31,225 km.
4. Faktor-faktor yang mempengaruhi tegangan ujung penyulang Ceko di desa Sebagian adalah, panjang penghantar, jenis penghantar, diameter penghantar, pembebanan trafo dan tegangan kirim penyulang.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapat, tegangan ujung pada desa Sebagian pada saat disuplai melalui ACR Munggu masih tinggi yaitu 16% diluar batas toleransi SPLN No:1 tahun 1995 yang menggantikan SLPN No:72 tahun 1987 terkait jatuh tegangan yaitu dengan tegangan pelayanan +5% dan -10%, kemudian disarankan untuk:

1. Dibangun Gardu Induk di daerah Payung untuk perbaikan tegangan ujung.
2. Uprating penampang yang sesuai dengan beban yang disuplai.
3. Optimalisasi pembebanan trafo distribusi sesuai dengan pembebanan trafo pada kondisi ideal.
4. Pemecahan beban penyulang Ceko untuk perbaikan tegangan, karena penyulang terlalu penjang dan jauh dari pusat listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar A. dan Kuwahara S. 1993. *Teknik Tenaga Listrik*, Jilid II. PT. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Ervianto, Edi dan Julen Kartoni S. 2016. *Analisisa rekonfigurasi pembebanan untuk mengurangi rugi-*

rugi daya pada saluran distribusi 20 kV dengan menggunakan ETAP 12.6.0. Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.

- Muh Nasir, Malik. 2009. *Analisis Losses Jaringan Distribusi Primer Penyulang Adhyaksa Makassar*. Volume 4 nomor 1. Media Elektrik. Makasar.
- Nugroho, Agung dan Eko Setiawan. 2015. *Menganalisa perbaikan losses dan jatuh tegangan pada jaringan sambungan rumah tidak standar dengan simulasi ETAP 7.5.0.* Jurnal Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang.
- Riski, Aldi dan Erneli. 2013. *Pengaruh Penambahan Jaringan Terhadap Drop Tegangan pada SUTM 20kV Feeder Kresik Tuo Rayon Kresik Tuo Kabupaten Kerinci*. Jurnal Momentum Volume 15 No 2 Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang. Padang.
- Rohi, Daniel. 2008. *Aplikasi Pendekatan Aliran Daya untuk Estimasi Rugi-Rugi Energi Sistem Distribusi Radial 20 kV*, Jurnal EECCIS Vol. II, No. 1.
- Standar Perusahaan Listrik Negara 64. 1985. *Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*. Jakarta.
- Standar Perusahaan Listrik Negara 41-8. 1981. *Hantaran Aluminium Campuran (AAAC)*. Jakarta.
- Standar Perusahaan Listrik Negara 1. 1995. *Tegangan-Tegangan Standar*. Jakarta
- Standar Perusahaan Lisrik Negara 50. 1997. *Spesifikasi Transformator Distribusi*. Jakarta.
- Standar Perusahaan Listrik Negara D3.002-1.2007. *Spesifikasi Transformator Distribusi Bagian 1: Transformator Fase Tiga, 20kV-400V dan Transformator Fase Tunggal, 20kV-231V dan 20/ -kV-231V*. Jakarta.
- Stevenson, William D., Jr, 1990, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta.
-, 2010, *Kriteria Disain Enjinerig Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, Buku 1, PT PLN (Persero), Jakarta. (*Kelompok Kerja Standar Kontruksi Distribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia*).
-, 2010, *Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*, Buku 5, PT PLN (Persero), Jakarta. (*Kelompok Kerja Standar Kontruksi Distribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia*).