

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI UNTUK REDUKSI RUGI DAYA DAN MENINGKATKAN PROFIL TEGANGAN DI PT. PLN (PERSERO) ULP LARANTUKA FLORES TIMUR

¹ Bernadus Halik, ² I Made Wartana, ³ Widodo Pudji Muljanto

^{1,2,3} Teknik Elektro S1 ITN Malang, Malang, Indonesia

¹bernadushalik1996@gmail.com, ² m.wartana@lecturer.itn.ac.id, ³ widodo_pm@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Dalam penelitian ini terdapat permasalahan pada sistem distribusi tenaga listrik yaitu rugi-rugi daya dan penurunan profil tegangan pada semua penyulang yang terpasang di ULP Larantuka. Panjangnya suatu saluran, dapat menyebabkan jatuh tegangan dan rugi-rugi pada saluran, untuk mengantisipasi hal tersebut maka perlu adanya rekonfigurasi jaringan pada sistem distribusi, agar tegangan yang di salurkan ke konsumen lebih baik dan rugi-rugi daya pun berkurang. Dari analisa yang didapat, bahwa dengan merubah Tap pada transformator, maka profil tegangan lebih baik atau berada pada standar yang ditetapkan oleh PLN.

Kata Kunci: *rekonfigurasi, rugi-rugi daya, profil tegangan, ETAP.*

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan listrik dan kepadatan beban yang tinggi di perkotaan, kerugian di sektor distribusi tenaga listrik banyak terjadi. Oleh karena itu, topologi distribusi tenaga listrik perlu diubah untuk perencanaan sistem distribusi primer yang lebih baik dan dengan meningkatkan kapasitas gardu induk dan jumlah penyulang sesuai dengan konfigurasi kerugian yang minimal. Sebagian besar daya yang dihasilkan utilitas hilang dalam proses distribusi. Kehilangan ini terjadi pada banyak komponen kecil dalam sistem distribusi, seperti trafo dan jalur distribusi. Salah satu sumber utama kerugian dalam sistem distribusi adalah jaringan listrik yang menghubungkan gardu induk dengan beban. Konfigurasi ulang jaringan, penempatan kapasitor, dan pembangkitan terdistribusi merupakan beberapa cara untuk mengurangi kerugian. Akibatnya, tegangan sistem juga meningkat. Jadi, kedua fakta ini saling berhubungan [1]. Adapun sistem distribusi studi kasus adalah distribusi radial sistem, distribusi pengumpan konfigurasi adalah metode terbaik. Distribusi

Konfigurasi ulang pengumpan dilakukan untuk penyeimbangan beban dan pengurangan kerugian selama pemindahan beban dari pengumpan beban berat ke pengumpan beban ringan[2]. Alokasi sumber reaktif yang optimal mengurangi kerugian akibat berkurangnya arus dalam sistem distribusi [3].

Menyeimbangkan beban sangat penting dalam mengurangi kerugian selain meningkatkan stabilitas dan keandalan jaringan tenaga listrik. Jaringan distribusi dibagi menjadi subsistem pengumpan radial yang dilengkapi dengan jumlah sakelar pemisah dan sakelar pengikat [4]. Pola aliran jaringan yang optimal adalah pola aliran cabang yang akan menyebabkan kerugian garis resistif minimum. Metode ini dimulai dengan menutup semua switch jaringan, sehingga membentuk jaringan distribusi mesh, membuka loop satu demi satu sedemikian rupa sehingga pola aliran optimal [5]. Konfigurasi ulang jaringan dalam sistem distribusi diwujudkan dengan mengubah status pemisah untuk mengurangi kehilangan daya dalam sistem [6]. Konfigurasi ulang jaringan dalam sistem distribusi diwujudkan dengan mengubah status sakelar pemutusan, dan biasanya dilakukan untuk mengurangi kerugian yang diajukan [7]. Untuk meningkatkan keandalan sistem dan efisiensi operasional, sistem otomatisasi distribusi. Konfigurasi pengumpan untuk pemulihan kesalahan dan keseimbangan beban. Mengubah status buka / tutup saluran akan beralih bersama dengan pengumpan distribusi [8].

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana melakukan maksimalisasi tap trafo dan rekonfigurasi jaringan yang baru yang dapat meningkatkan profile tegangan pada sistem distribusi Larantuka
2. Berapa losses (rugi daya) yang dapat direduksi setelah memaksimalkan tap trafo dan melakukan program rekonfigurasi jaringan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan tap trafo yang maksimal dan rekonfigurasi jaringan yang baru untuk dapat meningkatkan profil tegangan pada sistem distribusi Lantuka.
2. Menghitung reduksi losses (rugi daya setelah memaksimalkan tap trafo dan rekonfigurasi jaringan.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Rekonfigurasi

Rekonfigurasi jaringan distribusi adalah proses merubah nilai arus maupun impedansi penyulang atau memindahkan suplai suatu titik beban trafo distribusi dari suatu penyulang ke penyulang yang lain. Memindahkan beban ke penyulang lain berarti mengurangi arus yang mengalir sehingga susut tegangan menjadi lebih kecil. Tujuan utama pemindahan beban ini tidak merupakan perbaikan tegangan namun lebih diutamakan untuk peningkatan keandalan pertimbangan pembebanan transformator gardu induk atau pertimbangan karena adanya pertumbuhan beban.

Rekonfigurasi dapat merubah parameter saluran distribusi antara lain, seperti impedansi dan arus penyulang. Akibat perubahan kedua parameter tersebut, turut merubah rugi daya dan jatuh tegangan pada penyulang, keseimbangan arus fasa dan keseimbangan arus penyulang serta arus hubung singkat pada sisi ujung penyulang. Oleh sebab itu, proses rekonfigurasi suatu sistem distribusi harus mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, terutama rugi daya dan jatuh tegangan.

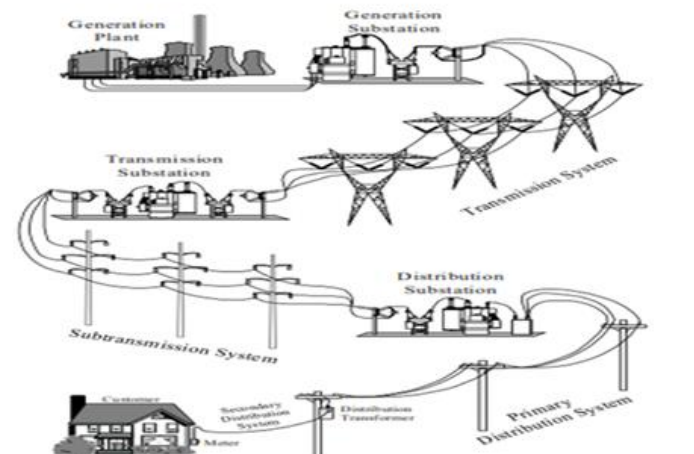
Dalam kondisi operasi normal, rekonfigurasi jaringan dilakukan karena dua alasan:

1. Mengurangi rugi-rugi daya pada sistem (*loss reduction*).
2. Mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (*load balancing*).

B. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik terdiri atas sumber dan beban. Sumber atau disebut juga dengan pusat tenaga listrik, mempunyai letak yang berjauhan dengan beban. Untuk pengiriman daya dari pusat tenaga listrik menggunakan saluran transmisi. Ada dua kategori saluran transmisi yaitu saluran udara (*over head line*) dan saluran bawah tanah (*underground*). Di Indonesia saluran transmisi mempunyai beberapa tingkatan tegangan, untuk tegangan 500 kV dikenal sebagai Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET), tegangan 150 kV dikenal sebagai Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), untuk tegangan 70 kV dikenal sebagai sub transmisi. Dari saluran transmisi tegangan diturunkan menjadi 20 kV Saluran Udara Tegangan Menengah atau (SUTM) yang dikenal sebagai saluran distribusi primer di Gardu Induk melalui transformator penurunan tegangan. Kemudian untuk penyalurannya ke konsumen tegangan

disalurkan melalui SUTM dan untuk konsumen rumah tangga tegangan diturunkan menjadi 380/220 V melalui transformator distribusi.



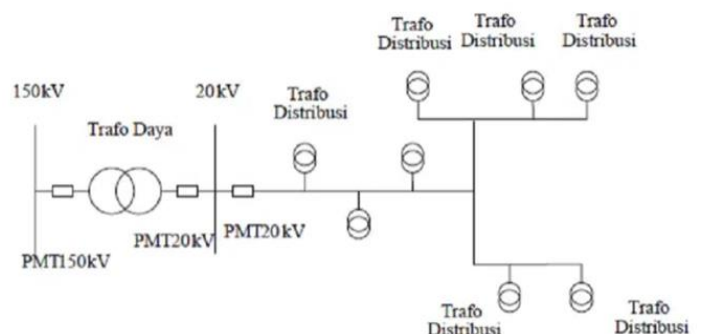
Gambar 1. Sistem Tenaga Listrik dan Kegiatan Penyaluran Daya Listrik Komponen Jaringan Distribusi

C. Tipe-Tipe Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 KV

Jaringan Pada Sistem Distribusi tegangan menengah (Primer 20kV) dapat dikelompokkan menjadi lima model, yaitu Jaringan Radial, Jaringan hantaran penghubung (*Tie Line*), Jaringan Lingkaran (*Loop*), Jaringan Spindel dan Sistem Gugus atau Kluster.

1. Jaringan Radial

Sistem distribusi dengan pola Radial seperti Gambar di bawah ini Adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial[11].



Gambar 2. Jaringan Radial

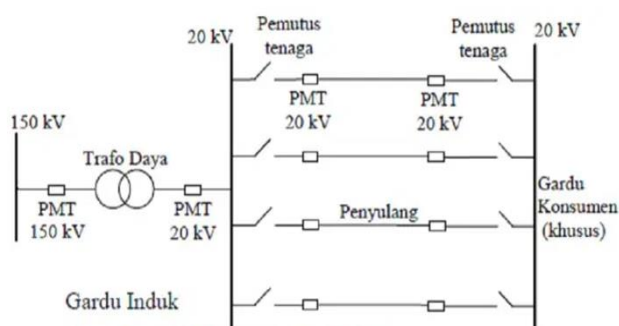
Dalam penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Gardu distribusi adalah tempat dimana trafo untuk konsumen dipasang. Bisa dalam bangunan beton atau diletakan diatas tiang. Keuntungan dari sistem ini adalah sistem ini tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem yang lain.

Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan

karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada diujung saluran.

2. Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

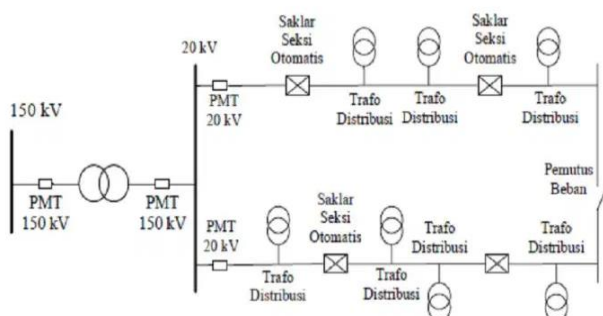
Sistem distribusi *Tie Line* seperti Gambar di bawah ini digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dan lain-lain). Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan *Automatic Change Over Switch / Automatic Transfer Switch*, setiap penyulangterkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan di pindah ke penyulang lain. [11].



Gambar 2. Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

3. Jaringan Lingkar (*loop*)

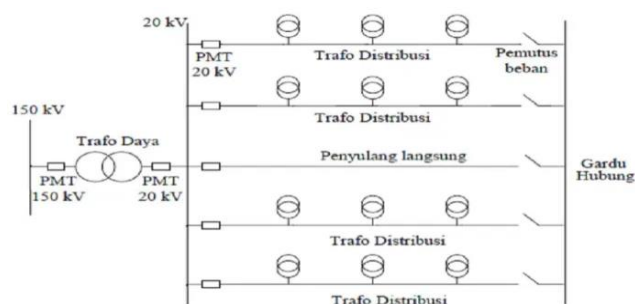
Pada sistem ini terdapat penyulang yang terkoneksi membentuk *loop* atau rangkaian tertutup untuk menyuplai gardu distribusi. Gabungan dari dua struktur radial menjadi keuntungan pada pola *loop* karena pasokan daya lebih terjamin dan memiliki keandalan yang cukup[11].



Gambar 3. Jaringan Lingkar (*Loop*)

4. Jaringan Spindel

Sistem Spindel seperti pada Gambar di bawah ini adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (*feeder*) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH)[11].

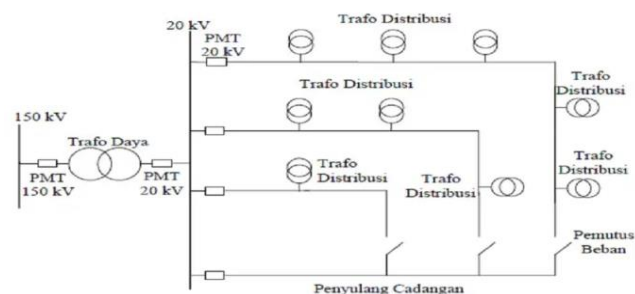


Gambar 4. Jaringan Spindel

Pada sebuah spindel biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (*express*) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pola Spindel biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah/saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM). Namun pada pengoperasiannya, sistem Spindel berfungsi sebagai sistem Radial. Di dalam sebuah penyulang aktif terdiri dari gardu distribusi yang berfungsi untuk mendistribusikan tegangan kepada konsumen baik konsumen tegangan rendah (TR) atau tegangan menengah (TM)

5. Sistem Gugus atau Sistem Kluster

Konfigurasi Gugus seperti pada Gambar di bawah ini banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat Saklar Pemutus Beban, dan penyulang cadangan. Dimana penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai kekonsumen[11].



Gambar 5. Sistem Gugus atau Sistem Kluster

D. Load Flow Analysis

Analisa aliran daya merupakan analisa yang dilakukan terhadap system dimana dari analisa tersebut akan didapat daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dari suatu system pembangkit dalam hal ini penmbangkit merupakan sumber ataupun penerima hingga sampai kepada beban atau sisi penerima. Suatu system yang ideal adalah dimana daya yang kirim oleh si penerima akan sama hasilnya dengan daya yang diterima oleh beban. Namun pada kenyataannya, daya yang dikirim oleh sumber tidak akan sama dengan daya yang diterima beban. hal ini di sebabkan beberapa faktor :

1. Panjang saluran distribusi

2. Impedansi saluran distribusi
3. Tipe beban dan jumlah beban pada saluran distribusi

E. Rugi-rugi Daya

Rugi-rugi daya adalah besarnya daya yang hilang pada suatu jaringan, yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dari sumber dikurangi besarnya daya yang diterima. Pemilihan jenis kabel yang akan digunakan pada jaringan distribusi merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan dari suatu sistem tenaga listrik. Jenis kabel dengan nilai resistansi yang kecil akan dapat memperkecil rugi-rugi daya.

Besar rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dapat ditulis seperti pers (1):

$$\Delta P = I^2 \cdot R \text{ (watt)} \quad (1)$$

Keterangan :

ΔP = Rugi daya pada jaringan (watt)
 I = Arus beban pada jaringan (ampere)
 R = Tahanan murni (ohm)

Untuk rugi-rugi daya pada jaringan tiga fasa dinyatakan oleh persamaan :

$$\Delta P = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R \text{ (watt)} \quad (2)$$

Dengan mengabaikan arus kapasitif pada saluran, maka arus disepanjang kawat dapat dianggap sama dan besarnya adalah sama dengan arus pada ujung terima.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V I \cos \phi} \text{ (ampere)} \quad (3)$$

Besarnya daya pada saluran tiga fasa adalah:

$$P = V I \cos \phi \text{ (watt)} \quad (4)$$

Keterangan:

P = daya beban pada ujung penerima saluran (watt)
 V = tegangan fasa (volt)
 $\cos \phi$ = factor daya beban Tegangan juga sangat berpengaruh terhadap rugi.

F. Jatuh Tegangan (Voltage Drop)

Terjadinya jatuh tegangan pada saluran disuatu lokasi adalah disebabkan oleh bagian yang berbeda tegangan didalam suatu sistem daya tersebut dan juga dipengaruhi oleh resistansi, reaktansi, dan impedansi pada saluran. Jatuh tegangan pada saluran adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman dengan tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik.

Penurunan tegangan terdiri dari dua komponen :

1. $I \cdot R_s$ yaitu rugi-rugi tegangan akibat tahanan saluran
 2. $I \cdot X_l$ yaitu rugi-rugi tegangan akibat reaktansi induktif saluran
- Besarnya rugi tegangan dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\Delta V = I \cdot R \cdot \cos \phi + I \cdot X \cdot \sin \phi \quad (5)$$

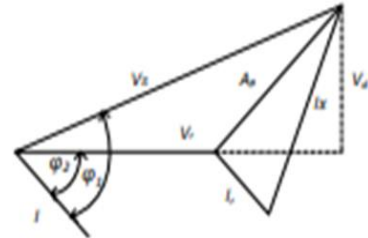
$$\Delta V = I \times Z \quad (6)$$

Keterangan :

ΔV = Jatuh tegangan (Volt)
 I = Arus yang mengalir (Amper)

R = Tahanan saluran (Ohm)
 X = Reaktansi (Ohm)
 ϕ = Sudut dari faktor daya beban
 Z = $R + jX$ = impedansi saluran

Pada saluran arus bolak-balik besarnya jatuh tegangan tergantung dari impedansi saluran serta beban dan faktor daya. Untuk jarak yang dekat jatuh tegangan tidak begitu berarti. Perhitungan jatuh tegangan yang diperlukan tidak hanya untuk peralatan sistem saja namun juga untuk dapat menjamin tegangan terpasang yang dapat dipertahankan dalam batas-batas yang layak. Oleh karena itu, perlu diketahui hubungan fasor antar tegangan dan arus serta reaktansi dan resistansi pada perhitungan yang akurat.



Gambar 6. Diagram Fasor Hubungan Tegangan dengan Tegangan R dan X

Selanjutnya rumus jatuh tegangan dan rumus tegangan pada sisi pengiriman (V_s) adalah sebagai berikut:

$$V_s = V_r + I R \times \cos \Phi + I X \sin \Phi$$

$$= V_r + I \times Z \quad (7)$$

Keterangan :

V_s = Tegangan kirim (Volt)
 V_r = Tegangan terima (Volt)
 I = Arus yang mengalir (Amper)
 R = Tahanan saluran (Ohm)
 X = Reaktansi saluran (Ohm)
 Φ = Sudut dari faktor daya beban

G. Klarifikasi Bus

Pada setiap simpul (rel atau bus) terdapat parameter – parameter sebagai berikut :

- a. Bus Genertor (PV bus)
 Pada bus ini hanya terdapat daya pembangkit dimana $|v|$ diatur menggunakan regulator tegangan dan P diatur dengan gorvenor, sehingga untuk bus ini P dan $|v|$ diketahui. Sementara Q (daya reaktif) dan δ (sudut fasa) dicari.
- b. Bus beban (Load bus)(PQ)
 Pada bus ini hanya terdapat kebutuhan daya untuk memenuhi kebutuhan beban dimana P (daya aktif) dan Q (daya reaktif) diketahui, sementara $|v|$ dan δ harus ditentukan (dicari).
- c. Bus Slack
 Pada bus ini $|v|$ dan δ sudah ditentukan besarnya sementara P dan Q dihitung. Biasanya nilai $|v|$ adalah 1 pu, sedangkan sudut fasa tegangan δ berharga nol, Mempertahankan Integritas Spesifikasi

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. ETAP (Electric Transient Analysis Program)

ETAP (*Electric Transient Analysis Program*) merupakan suatu *software* (perangkat lunak) yang digunakan suatu sistem tenaga listrik. Perangkat ini dapat bekerja dalam keadaan *offline* yaitu untuk simulasi tenaga listrik, dan juga dalam keadaan *online* untuk pengelolaan data *real time*. Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan dengan menggunakan ETAP antara lain:

1. Membuat aliran daya (*Load Flow*)
2. Hubung singkat (*Short Circuit*)
3. Drop tegangan (*Voltage Drop*)
4. *Motor Starting*
5. *Arc Flash*
6. *Harmonics Power System*
7. Kesetabilan Transien (*Transient Stability*)

Data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan *Load Flow* adalah sebagai berikut :

- Data Bus (nominal kV, % V dan sudut tegangan)
- Data *Branch* (transformator, jaringan transmisi, kabel dan impedansi)
- Data Generator
- Data Beban

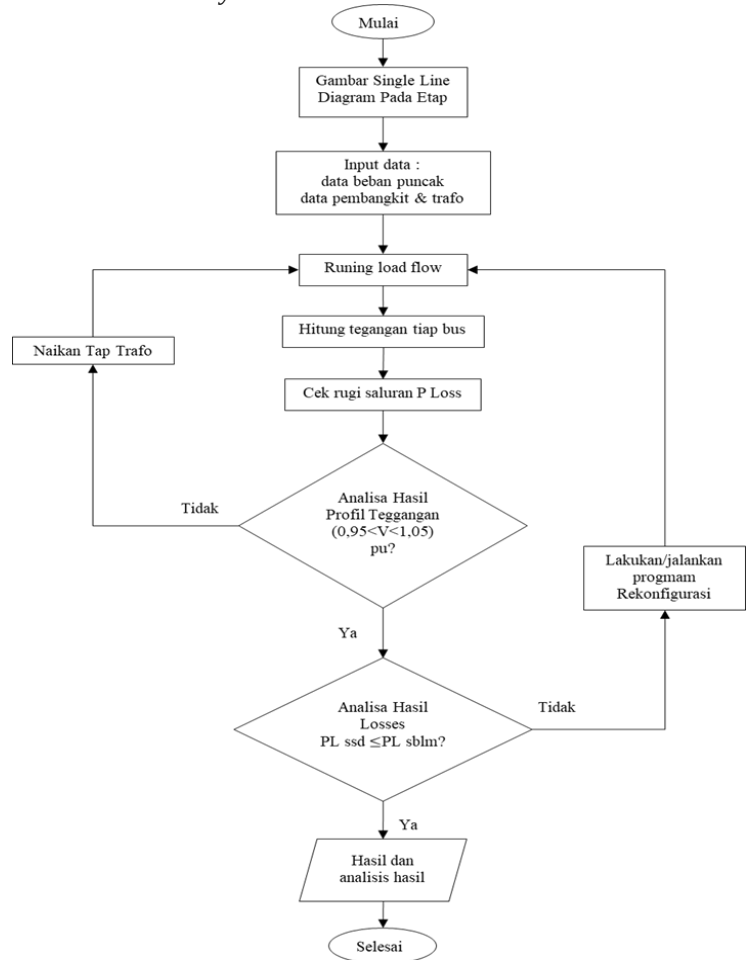
Dari perhitungan *Load Flow* maka akan menghasilkan :

- *Power Flow* dan *Power Factor*
- *Bus Voltage*
- *Bus loading*
- *Tap Transformator*
- *Losses*
- *Voltage Drops*
- Konsumsi daya beban

B. Proses Loadflow dengan menggunakan metode Newton Raphson

1. Data dipakai data pada PLTD Waibalun (2 PLN + 6 sewa) dan PLTD Lokea (3 PLN) pada kondisi beban puncak prioritaskan PLTD milik pln bekerja semua dengan 5 penyulang.
2. Jakankan *Load Flow* pada kondisi dasar (*basecase*).
3. Check, adakah ada penyulang yang mengalami pelanggaran profil tegangan.
4. Jia YA, coba lakukan maksimalisasi setting trafo daya.
5. Apabila langkah 4. di atas tidak menyelesaikan masalah (masih ada pelanggaran profile tegangan) lakukan langkah 5.
6. Lakukan rekonfigurasi menggunakan program pada ETAP, samapai profil tegangan tidak ada pelanggaran.
7. Hitung rugi daya bandingkan peningkatannya dengan kondisi *basecase*.
8. Selesai

C. Flowchart Penyelesaian

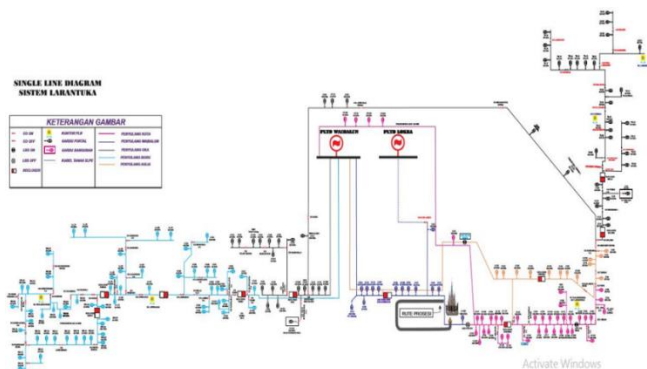


Gambar 8. Flowchart Penyelesaian

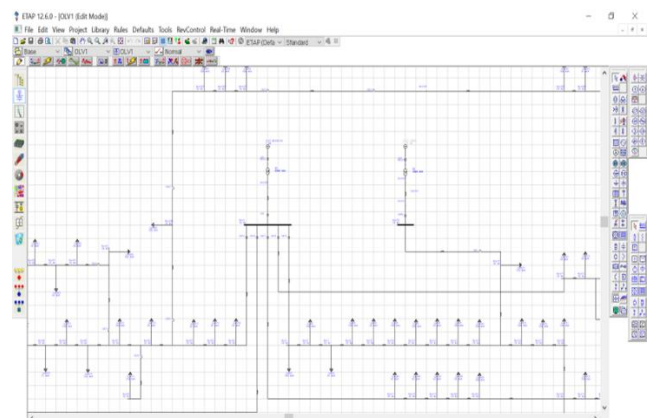
IV. SIMULASI DAN ANALISA

D. Data-Data Untuk Simulasi

Dalam analisis untuk memperbaiki profil tegangan dan penurunan Rugi-rugi daya, pada penelitian ini menggunakan data dari 5 Penyulang yaitu : Penyulang Kota, Penyulang Aulia, Penyulang Waibalun, Penyulang Oka dan Penyulang Boru dimana keLima penyulang ini mendapat suplai daya dari PLTD Waibalun dan PLTD Lokea. PT. PLN (Persero) ULP Larantuka Flores Timur ini merupakan jaringan system distribusi Radial 20 KV. Untuk menganalisa Aliran Daya terlebih dahulu ditetapkan *Single Line Diagram* sesuai dengan gambar dibawah. Kemudian dianalisa dengan menggunakan *software ETAP Power Station 12.6.0*. Dengan tujuan untuk mengetahui keadaan system atau karakter pada masing-masing bus.



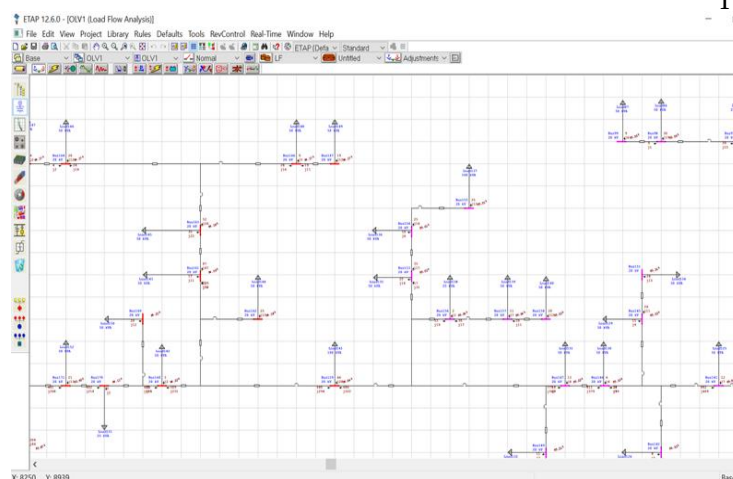
Gambar 9. Single Line ULP Larantuka



Gambar 10. Single Line Diagram Jaringan Distribusi dari Penyulang di Flores Timur menggunakan ETAP Power Station 12.6.0

E. Loadflow Sebelum Rekonfigurasi

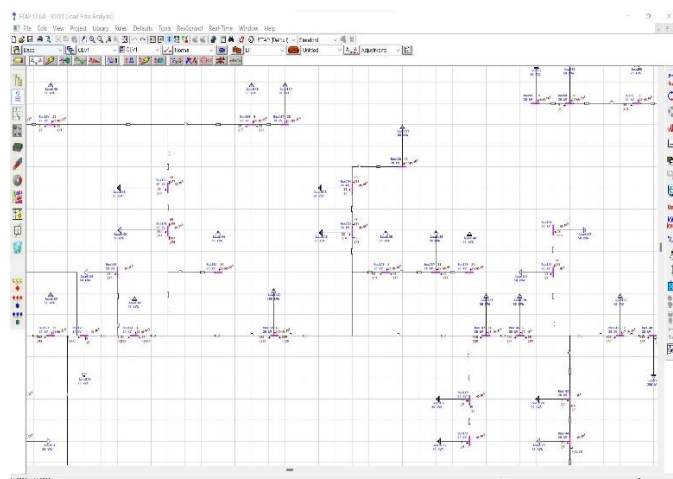
Setelah seluruh proses input data selesai dilakukan, maka proses *loadflow* dapat dilakukan. Dibawah ini adalah tampilan gambar hasil proses *loadflow*.Sebelum Rekonfigurasi.



Gambar 11. Tampilan Loadflow Sebelum Rekonfigurasi

F. Analisis Hasil Losses Sesudah Rekonfigurasi

Dari hasil *Load Flow* menggunakan Software ETAP Power Stations sesudah rekonfigurasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 12. Tampilan Hasil Loadflow sesudah rekonfigurasi menggunakan Software ETAP Power Station 12.6.0

Dari hasil *Load Flow* setelah rekonfigurasi pada jaringan distribusi menggunakan Software ETAP Power Station, menunjukan bahwa pada penyulang Boru dan penyulang Oka sudah tidak lagi mengalami *Under Voltage*

G. Hasil perbandingan sebelum dan sesudah Tap Trafo

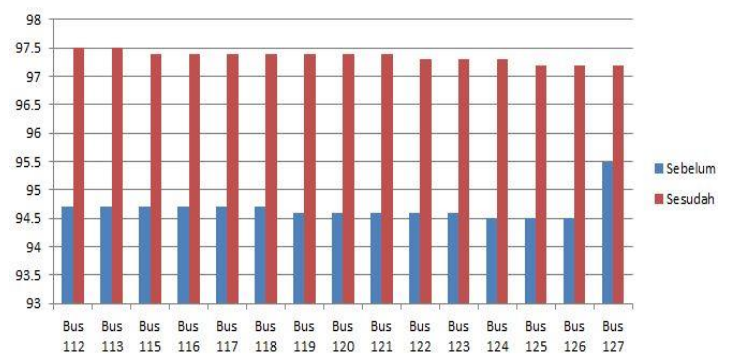
Profil tegangan sesudah di *Tap Trafo*, telah terjadi tegangan menjadi naik diatas batas standar operasi yaitu 0.95 pu atau dari *Under Voltage* yang *critical* dan di naikan pada *Tap Trafo* menjadi *marginal* atau tegangan yanga masih bisa ditoleransi. Untuk membandingkan profil tegangan sebelum dan sesudah dapat dilihat pada Table 4.9 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil perbandingan sebelum dan sesudah Tap Trafo

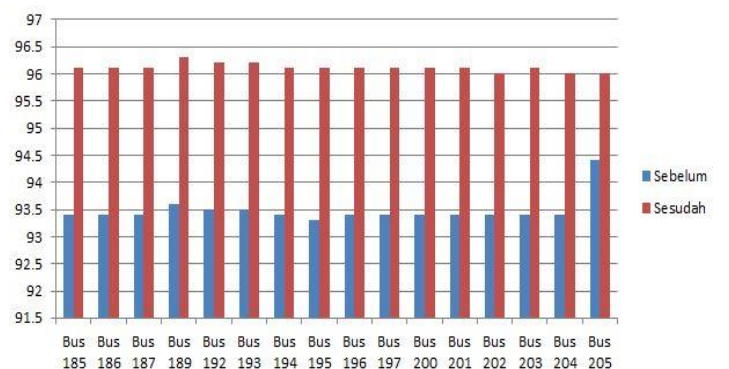
No	Device Id	Rating/Limit	Tap Trafo	
			Sebelum	Sesudah
1	Bus 109	Marginal	95.0	97.2
2	Bus 111	Marginal	94.8	97,5
3	Bus 112	Marginal	94.7	97.5
4	Bus 113	Marginal	94.7	97.5
5	Bus 115	Marginal	94.7	97.4
6	Bus 116	Marginal	94.7	97.4
7	Bus 117	Marginal	94.7	97.4
8	Bus 118	Marginal	94.7	97.4
9	Bus 119	Marginal	94.6	97.4
10	Bus 120	Marginal	94.6	97.4
11	Bus 121	Marginal	94.6	97.4
12	Bus 122	Marginal	94.6	97.3

13	Bus 123	Marginal	94.6	97.3
14	Bus 124	Marginal	94.5	97.3
15	Bus 125	Marginal	94.5	97.2
16	Bus 126	Marginal	94.5	97.2
17	Bus 127	Marginal	95.5	97.2
18	Bus 128	Marginal	94.4	97.2
19	Bus 129	Marginal	94.4	97.2
20	Bus 130	Marginal	94.4	97.1
21	Bus 131	Marginal	94.4	97.1
22	Bus 132	Marginal	94.4	97.1
23	Bus 133	Marginal	94.4	97.1
24	Bus 134	Marginal	94.5	97.2
25	Bus 135	Marginal	94.5	97.2
26	Bus 136	Marginal	94.5	97.2
27	Bus 137	Marginal	94.5	97.2
28	Bus 159	Marginal	94.6	97.4
29	Bus 160	Marginal	94.2	96.9
30	Bus 161	Marginal	94.2	96.9
31	Bus 162	Marginal	94.2	96.9
32	Bus 163	Marginal	94.2	96.9
33	Bus 164	Marginal	94.2	96.9
34	Bus 165	Marginal	94.2	96.9
35	Bus 166	Marginal	94.2	96.9
36	Bus 167	Marginal	94.2	96.9
37	Bus 169	Marginal	94.2	96.8
38	Bus 170	Marginal	94.1	96.7
39	Bus 171	Marginal	94.0	96.6
40	Bus 172	Marginal	93.9	96.6
41	Bus 173	Marginal	93.9	96.5
42	Bus 174	Marginal	93.8	96.5
43	Bus 175	Marginal	93.8	96.4
44	Bus 176	Marginal	93.7	96.3
45	Bus 177	Marginal	93.6	96.3
46	Bus 178	Marginal	93.6	96.3
47	Bus 179	Marginal	93.6	96.2
48	Bus 180	Marginal	93.6	96.2
49	Bus 181	Marginal	93.5	96.2
50	Bus 182	Marginal	93.5	96.1
51	Bus 183	Marginal	93.4	96.1
52	Bus 184	Marginal	93.4	96.1
53	Bus 185	Marginal	93.4	96.1
54	Bus 186	Marginal	93.4	96.1

55	Bus 187	Marginal	93.4	96.1
56	Bus 189	Marginal	93.6	96.3
57	Bus 192	Marginal	93.5	96.2
58	Bus 193	Marginal	93.5	96.2
59	Bus 194	Marginal	93.4	96.1
60	Bus 195	Marginal	93.3	96.1
61	Bus 196	Marginal	93.4	96.1
62	Bus 197	Marginal	93.4	96.1
63	Bus 200	Marginal	93.4	96.1
64	Bus 201	Marginal	93.4	96.1
65	Bus 202	Marginal	93.4	96.0
66	Bus 203	Marginal	93.4	96.1
67	Bus 204	Marginal	93.4	96.0
68	Bus 205	Marginal	94.4	96.0



Gambar 13. Grafik Hasil perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah Tap Trafo



Gambar 14. Grafik Hasil perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah Tap Trafo

Hasil uji coba sebelum Tap Trafo terdapat 68 Bus yang mengalami pelanggaran Critical 0.91 pu sampai 0.94pu dan setelah di Tap Trafo nilai taggangan berubah menjadi 0.95pu sampai 0.97pu, dengan teggangan tertinggi yaitu 0.97pu seperti yang terlihat pada grafik diatas yang berwarna merah menunjukan teggangan yang lebih baik setelah kita melakukan Tap Trafo dan pada grafik yang berwarna biru

menunjukkan tegangan dalam keadaan kritis sebelum kita melakukan *Tap Trafo* atau tegangannya berada dibawah standar PLN ($0,95 \leq V \leq 1,05$) atau sering disebut dengan *Under Voltage*.

H. Analisis Perbandingan Losses Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi

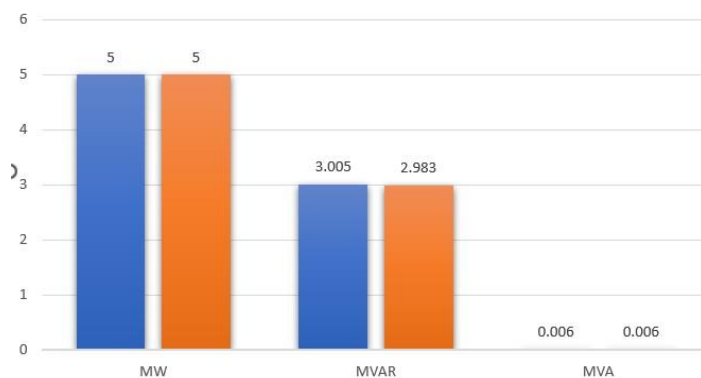
Tabel 2. Perbandingan Losses Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi

No	Perbandingan	MW	Mvar	KW	Kvar
1	Sebelum Rekonfigurasi	5.000	3.055	87.0	102.3
2	Sesudah Rekonfigurasi	5.000	2.983	73.1	-192.0

Bedasarkan Tabel 2, dapat diketahui hasil *Losses* setelah rekonfigurasi lebih kecil dibandingkan dengan hasil *Losses* sebelum rekonfigurasi.

- Daya Aktif
 $5.000 - 5.000 = 0$ MW
- Daya Reaktif
 $3.055 - 2.983 = 0.072$ MVar
- Daya Semu
 $0.006 - 0.006 = 0$ MVA

Dari hasil perbandingan *Losses* diatas dapat kita lihat pada gambar 15, yaitu grafik perbandingan *Losses* sebelum dan sesudah rekonfigurasi pada sistem distribusi.



Gambar 15. Grafik Hasil perbandingan *Losses* sebelum dan sesudah rekonfigurasi

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan Analisis Rekonfigurasi untuk memperkecil *Losses* menggunakan *Software Etap Power Station 12.6.0* pada sistem distribusi di PT PLN Larantuka maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi menggunakan *Software ETAP Power Station 12.6.0* terlihat bahwa Pada kondisi *basecase* atau sebelum rekonfigurasi, terdapat 2 penyulang yang mengalami pelanggaran profil tegangan yaitu penyulang Boru dan penyulang Oka, dan terdapat 68 bus yang mengalami tegangan kritis yaitu 0,93 pu sampai 0,94 pu

atau berada dibawah standar yang diijinkan PLN ($0,95 \leq V \leq 1,05$) dan losses (Sebelum Rekonfigurasi jaringan, MW = 5.000, Mvar = 3.055, KW = 87.0, Kvar = 102.3, MVA = 0.006)

2. Setelah melakukan Rekonfigurasi jaringan pada penyulang Boru dan Penyulang Oka, maka Profil Tegangan menjadi lebih baik dari sebelumnya yaitu 0,95 pu sampai 0,96 pu atau berada pada batas standar yang diijinkan PLN ($0,95 \leq V \leq 1,05$) dan losses menjadi lebih kecil (Sesudah Rekonfigurasi jaringan, MW = 5.000, Mvar = 2.983, KW = 73.1, Kvar = -192.0, MVA = 0.006)
3. Setelah melakukan Tap Trafo pada penyulang Boru dan Penyulang Oka, maka Profil Tegangan menjadi lebih baik lagi sebelumnya yaitu 0,96 pu sampai 0,97 pu atau berada pada batas standar yang diijinkan PLN ($0,95 \leq V \leq 1,05$) dan losses menjadi lebih kecil dari losses sebelumnya (Setelah melakukan Tap Trafo, MW = 5.000, Mvar = 2.400, KW = 79.2, Kvar = -179.4, MVA = 0.006)
4. Dengan adanya rekonfigurasi jaringan dan tap trafo pada penyulang Boru dengan penyulang Oka maka hasilnya lebih baik, dan rugi-rugi daya menjadi lebih kecil dibandingkan dengan kondisi *basecase*.

Saran

Agar dapat diperoleh lebih banyak pilihan dalam merekonfigurasi, maka ditambahkan beberapa penyulang dalam pembahasannya sehingga diperoleh *losses* yang lebih kecil lagi.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Benediktus, E., Collins, T., Gotham, D., Hoffman, S., Karipides, D., Pekarek, S., dan Ramabhadran, R. 1992. *Kerugian dalam Sistem Tenaga Listrik*. Vol 2. No 1.
- [2] ME Baran, Felix F. Wu. 1989. Konfigurasi Ulang Jaringan dalam Sistem Distribusi untuk Pengurangan Kerugian dan Penyeimbangan Beban. *Transaksi IEEE pada Pengiriman Daya*, 4: 2.
- [3] Xiaoling Jin, Jianguo Zhao, Ying Sun, Kejun Li, Boqin Zhang. 2004. *Distribution Network Reconfiguration for Load Balancing Using Binary Particle Swarm Optimization*. International Onference on Power System Technology – Singapore.
- [4] Hugh Rudnick, Iidefonso Harnisch. 1997. *Reconfiguration of Electric Distribution System*. Revista facultad de ingenieria .u.t.a. vol.4.
- [5] R. Srinivasa Rao, S. V. L. Narasimham, M. Ramalingaraju. *Optimization of Distribution Network Configuration for loss reduction using Artificial Bee Colony Algorithm*. Proceedings of world academy of science, engineering and technology ,vol. 35, November 2008 issn 20703740.
- [6] Mesut E. Baran, Felix F. Wu. 1989. *Network Reconfiguration in Distribution System for Loss Reduction and Load Balancing* .IEEE. Transaction on power delivery , vol. 4, no.2.
- [7] C-H.Lin. 2003. *Distribution Network Reconfiguration for Load Balancing with A coloured Petri Net*

- Algorithm*. IEE. Proc.-gener. transm. Distrib. Vol .150. no.3.
- [8] E. Sopyandi. 2011. *Tipe-tipe Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 KV*. Vol 3. No 2.
- [9] Amanulla B, S. Chakrabarti, S. N Singh. 2012. *Reconfiguration of power distribution systems considering reliability and power loss*. IEEE Transactions on Power Delivery. 27(2), 918-26.
- [10] Nguyen T. T, A. V. Truong. 2015. Distribution network reconfiguration for power loss minimization and voltage profile improvement using cuckoo search algorithm. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, V. 68, 233-242
- [11] Asy'ari, Hasim. 2011. Perbaikan Jatuh Tegangan Dan Rekonfigurasi Beban Pada Panel Utama Prambanan. Universitas Muhammadiyah Surakarta