

Analisa Susut Daya Pada Penyulang Tantai Atas Menggunakan ETAP

Marceau A F Haurissa¹⁾, Farrel Aqshal Alfarizi Naca²⁾

^{1,2)}*Teknologi Rekayasa Sistem Kelistrikan Minyak dan Gas – Politeknik Negeri Ambon*

¹⁾haurissamarceau@gmail.com, ²⁾farellnaca02@gmail.com

Abstract-The process of distributing electricity from power plants to consumers always experiences loss of energy or power losses. Power losses are inevitable in a distribution network system and if it exceeds the percentage it will harm the distribution network system manager in terms of power or energy distribution. The Tantai Atas feeder is one of the feeders sourced from the Sirimau GI which is an example of a distribution network case, namely in the distribution of electrical energy from the generating center to consumers, it is likely that power losses will occur. So it is predicted that there is an unknown power loss, whether it is still within the permitted limits or has exceeded the predetermined standards. This research is Survey Research, where no changes are made or there is no special treatment of the variables studied. The types of data needed to analyze this calculation are: SLD data, Transformer Capacity, Transformer Load, Channel Length Data, Conductor Type and Capacity. The variable used in analyzing the results of this study is the power losses on the Tantai Atas reinforcement. Based on the simulation results and also the analysis of the power losses on the Upper Tantai repeater, it can be concluded that the value of power losses during WBP conditions is still in normal conditions, which is below the SPLN standard of 5%, while in the installed load conditions the value of power losses has exceeded the normal limit according to SPLN standards, which is above 5%, where in the installed load conditions the value of power losses has reached 5.48%.

Keywords: *Distribution Network, ETAP Software, Power Loss*

Abstrak-Proses distribusi tenaga listrik dari pembangkit hingga konsumen selalu mengalami hilangnya energi atau susut daya (*losses*). Susut daya merupakan hal yang tidak bisa dihindari dalam sistem jaringan distribusi dan jika melebihi persentase akan merugikan pengelola sistem jaringan distribusi dalam hal penyaluran daya atau energi. Penyulang Tantai Atas merupakan salah satu penyulang yang bersumber dari GI Sirimau dimana merupakan contoh kasus jaringan distribusi yaitu pada penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit ke konsumen kemungkinan besar akan terjadi susut daya. Sehingga diprediksi terjadi susut daya yang belum diketahui, apakah masih dalam batas-batas yang diizinkan atau telah melampaui standar yang sudah ditentukan. Penelitian ini adalah *Survey Research* (Penelitian Survey), dimana tidak dilakukan perubahan atau tidak ada perlakuan khusus terhadap variabel yang diteliti. Jenis data yang diperlukan untuk melakukan analisis perhitungan ini yaitu: Data SLD, Kapasitas Trafo, Beban Trafo, Data Panjang Saluran, Jenis dan Kapasitas Penghantar. Variable yang digunakan dalam menganalisis hasil penelitian ini adalah susut daya pada penyulang Tantai Atas. Berdasarkan hasil simulasi dan juga analisa susut daya pada penyulang Tantai Atas dapat disimpulkan bahwa nilai susut daya pada saat kondisi WBP masih dalam kondisi normal yaitu dibawah standar SPLN 5%, sedangkan pada kondisi beban terpasang nilai susut daya telah melebihi batas normal sesuai standar SPLN yaitu diatas 5%, dimana pada kondisi beban terpasang nilai susut daya telah mencapai 5,48%.

Kata kunci: *Susut Daya, Software ETAP, Jaringan Distribusi*

I. PENDAHULUAN

Proses pendistribusian dari unit pembangkit menuju beban (konsumen) selalu menghasilkan susut daya listrik dimana berkurangnya daya listrik, yang disebabkan oleh adanya tahanan jenis penghantar yang dipengaruhi oleh arus dan tegangan saat penyaluran energi listrik dilakukan. Susut daya terjadi diakibatkan oleh sebab-sebab yang sifatnya teknis dan non teknis. Penyebab susut yang bersifat teknis pada jaringan distribusi disebabkan oleh adanya tahanan jenis penghantar yang sifatnya permanen. Penghantar yang ideal seharusnya tidak memiliki tahanan, namun pada kenyataannya setiap benda memiliki tahanan jenis terhadap listrik.[1]

Secara umum terdapat dua jenis susut daya, yaitu : 1) Susut teknis terjadi dimana adanya

impedansi pada peralatan pembangkitan maupun peralatan penyaluran dalam transmisi dan distribusi sehingga terdapat daya yang hilang. 2) Susut non teknis terjadi dimana terjadi oleh kesalahan dalam pembacaan alat ukur, kesalahan kalibrasi di alat ukur, dan kesalahan akibat pemakaian yang tidak sah (pencurian) atau bersifat kesalahan-kesalahan administratif yang lainnya. Susut daya tidak mungkin di hindari karena pada peralatan tidak mungkin memiliki tingkat efisiensi 100%, namun yang perlu di perhatikan apakah susut daya yang terjadi di dalam batas kewajaran. Ini disebabkan karena pada jaringan distribusi tegangan yang dipakai berada dalam rentang tegangan menengah dan tegangan rendah.[2]

Susut teknis yang disebabkan karena panjangnya penyulang memang hal yang tidak dapat dihindari, namun beberapa upaya dapat dilakukan untuk mengurangi tingginya nilai susut teknis tersebut. Karena semakin panjang jaringan susut teknis yang berupa panas pada penghantar juga semakin besar. Namun terdapat upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk menekan nilai susut teknis tersebut, salah satunya adalah dengan upaya uprating penghantar. Standar susut tegangan merupakan besarnya susut tegangan yang diijinkan, diperinci untuk beberapa peralatan sistem tenaga listrik. Dengan demikian perusahaan jasa ketenagalistrikan dapat mengambil langkah yang tepat dan apa yang harus dilakukan pada beberapa peralatan yang berbeda tersebut agar susut tegangan yang merupakan salah satu penyebab kehilangan kesempatan penjualan energi listrik dapat ditekan sekecil mungkin[1-8]. Berdasarkan SPLN : 1995, variasi tegangan pelayanan yang ditetapkan oleh PT PLN adalah maksimum + 5% dan minimum – 10% terhadap tegangan nominal.[3]

Penyulang Tantu Atas merupakan salah satu penyulang yang bersumber dari GI Sirimau yang dimana merupakan jaringan distribusi yang terpasang secara radial dan pada penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit ke konsumen. Penyulang Tantu Atas merupakan penyulang pada level tegangan menengah 20kV, sehingga dalam pendistribusian daya akan mengalami susut daya. Namun sebesar apa susut daya tersebut perlu untuk di lakukan analisa. Untuk memudahkan analisa susut daya, dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP (*Electric Transient Analysis Program*) dalam melakukan proses simulasi aliran daya.

ETAP merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. Dengan kemampuan tersebut bisa diketahui berapa besarnya jatuh tegangan dan rugi- rugi daya serta jumlah kerugian ekonomis yang terjadi pada saluran transmisi tegangan tinggi, menengah dan rendah, serta mengetahui berapa akurasi perbandingan antara perhitungan menggunakan software ETAP dan perhitungan manual.[4]

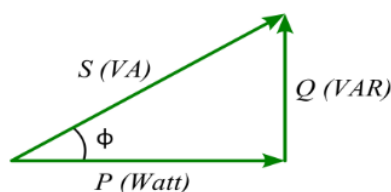
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem penyaluran tenaga listrik secara teori terdiri dari tiga bagian, yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Pusat pembangkitan merupakan tempat energi listrik dibangkitkan dimana menggunakan trafo *step up* untuk menaikkan tegangan. Tegangan pada pusat pembangkit listrik yang dihasilkan berkisar antara 11 KV- 765 KV. Dari saluran transmisi kemudian dihubungkan antara pusat pembangkit dengan sistem distribusi atau konsumen melalui gardu induk dengan menurunkan tegangan pada transformator penurun tegangan (*step- down*) menjadi tegangan menengah 20kV. Pada bagian distribusi inilah energi listrik selanjutnya disalurkan ke konsumen untuk berbagai keperluan.[5]

2.2 Daya Listrik AC

Daya listrik AC dibedakan menjadi tiga, yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan daya semu (S). Hubungan dari ketiga daya tersebut dapat dinyatakan dalam segitiga daya seperti ditunjukkan pada Gambar 1. [6]



Gambar 1. Segitiga daya

Dari hubungan segitiga daya pada Gambar 1 didapat persamaan sebagai berikut:

$$S = V \times I \quad (1)$$

$$P = V \times I \times \cos \varphi \quad (2)$$

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \quad (3)$$

Keterangan :

S : Daya nyata (VA)

P : Daya aktif (W)

Q : Daya reaktif (VAR)

V : Tegangan (V)

I : Arus (A)

Cos φ : Rasio perbandingan sudut daya aktif (W) dan daya nyata (VA)

Sin φ : Rasio perbandingan sudut daya aktif (W) dan daya reaktif (VAR)

2.2.1. Faktor Daya

Faktor daya (Cos φ) dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (W) dan daya nyata (VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam cos φ . [7]

$$\text{Faktor Daya} = \cos \varphi \frac{P}{S} \quad (4)$$

2.2.2. Susut Daya Listrik

Susut daya atau hilang daya atau rugi daya listrik adalah berkurang atau hilangnya pasokan daya pada proses pengiriman daya listrik dari sumber (pembangkit) kepada beban (konsumen) pada penghantar. Susut daya listrik untuk saluran tiga fasa dinyatakan oleh persamaan : [8]

$$P_L = 3I^2 R \cdot l \quad (5)$$

Dimana :

P_L : Susut daya (W)

R : Tahanan kawat per fasa (Ω/km)

l : Panjang saluran (km)

I : Arus beban (A)

Susut daya atau hilang daya seperti yang dinyatakan diatas dihitung atas dasar I (arus) pada waktu tertentu. Berdasarkan SPLN 1:1978 sebuah jaringan tegangan menengah (JTM) dengan kriteria susut daya yang dapat diizinkan tidak boleh lebih dari 2%. Efisiensi atau daya guna saluran adalah perbandingan antara daya yang diterima dan daya yang disalurkan. Adapun efisiensi dinyatakan oleh persamaan :

$$\eta = \frac{P_r}{P_s} \times 100\% \quad (6)$$

$$\eta = \frac{P_r}{P_r + P_L} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana :

P_r : Daya yang diterima (kW)

P_s : Daya yang dikirimkan (kW)

η : Efisiensi daya (%)

P_L : Rugi-rugi daya (kW)

2.2.3. Penyebab Terjadinya Susut Daya

Ada beberapa penyebab yang menyebabkan terjadinya susut daya, diantaranya yaitu :

1. Terjadi susut pada penghantar
2. Luas penampang terlalu kecil (penampang tidak sesuai dengan beban), semakin kecil kawat semakin besar susutnya.
3. Panjang jaringan, semakin panjang jaringan semakin menyebabkan arus yang besar sehingga tegangan turun dan energi listrik yang mengalir banyak yang hilang.
4. Arus yang terlalu besar dapat menimbulkan panas sehingga dapat merusak alat dan terjadinya

losses.

5. Umur alat yang terlalu tua juga dapat menurunkan kinerja alat tersebut.

2.3 Simulasi Aliran Daya

Simulasi aliran daya dilakukan dengan menggunakan metode Newton Raphson yang terintegrasi pada perangkat lunak ETAP 16.0. Ada beberapa tahapan yang dilakukan untuk melakukan simulasi aliran daya yaitu:[9]

- a. Membuat single line diagram dan memasukan data- data jaringan yang telah diperoleh ke perangkat lunak ETAP 16.0.
- b. Menjalankan simulasi Aliran daya dengan metode Newton Raphson pada program ETAP 16.0, sehingga akan ditampilkan daya dan tegangan pada tiap bus.
- c. Selanjutnya adalah menampilkan hasil simulasi.
- d. Melakukan simulasi perbaikan pada jaringan distribusi primer area Luwuk, yang dilakukan dengan cara melakukan penambahan kapasitor bank pada feeder dengan jatuh tegangan melampaui SPLN.
- e. Tampilkan hasil simulasi setelah perbaikan
- f. Menghitung rugi energi listrik.

2.4 ETAP (electric transient analisis program)

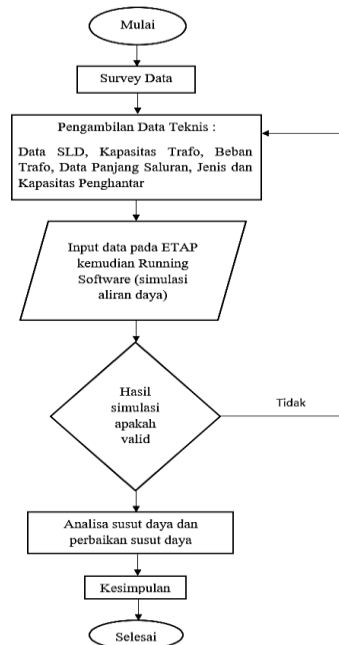
ETAP merupakan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan sistem ketenagalistrikan. Perangkat ini memiliki kemampuan dalam mode offline untuk simulasi tenaga listrik, dalam mode online untuk pengelolaan data real-time. Selain itu, perangkat ini dilengkapi dengan berbagai fitur, termasuk fitur yang digunakan untuk menganalisis pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi tenaga listrik. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (one line diagram) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay proteksi, sistem harmonisa dan lain sebagainya. ETAP Power Station dapat digunakan untuk secara langsung bekerja dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama:[10]

- a. Virtual Reality Operasi Sistem operational yang terdapat pada program ini sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi nyata. Sebagai contoh, ketika kita membuka atau menutup suatu circuit breaker, menambahkan suatu elemen kedalam sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan kondisi de-energized pada suatu elemen dan sub-elemen sistem ditampilkan pada diagram satu garis dengan warna abu-abu.
- b. Total Integration Data ETAP Power Station mengintegrasikan informasi mengenai sistem elektrikal, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen kedalam satu sistem database yang sama. Sebagai contoh, untuk suatu elemen seperti kabel, tidak hanya mencakup informasi tentang jalur yang dilalui oleh kabel tersebut melalui *raceways*. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk dalam analisis aliran beban (*load flow analysis*) dan analisa
- c. hubung singkat (*short-circuit analysis*) yang memerlukan parameter listrik dan parameter koneksi. serta dalam perhitungan *derating ampacity* suatu kabel yang membutuhkan data fisik mengenai rute kabel tersebut.
- d. *Simplicity in Data Entry ETAP Power Station* menyediakan data yang terperinci untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, proses entri data elemen dapat dipercepat. Data yang ada dalam program ini telah di masukkan sesuai dengan data lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain.

III. METODE

Penelitian ini dilakukan i penyulang Tantai Atas yang dimana bersumber dari Gardu Induk Sirimau. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Survey Research* (Penelitian Survey), dimana tidak dilakukan perubahan atau tidak ada perlakuan khusus terhadap variabel yang diteliti. Jenis data yang diperlukan untuk melakukan analisis perhitungan ini yaitu: Data SLD, Kapasitas Trafo, Beban Trafo, Data Panjang Saluran, Jenis dan Kapasitas Penghantar. Variable yang digunakan dalam menganalisis hasil

penelitian ini adalah susut daya pada penyulang Tantai Atas. Metode yang digunakan yaitu melakukan Observasi langsung yang merupakan salah satu pengumpulan data dengan cara melihat fenomena yang terdapat dalam lokasi penelitian untuk diungkapkan. Adapun alur penelitian dapat ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2. Digram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian dan Hasil Simulasi ETAP

Gardu Induk Sirimau merupakan salah satu Gardu Induk yang berada di pulau Ambon yang terletak di Jl. Dr. Wem Tehupelory Kec. Sirimau Kota Ambon. Gardu Induk (GI) Sirimau memiliki 2 Bay Line, 2 Bay Trafo 70 kV, 1 Bay Trafo 150 kV, dan 1 Bay Interbus Transformator (IBT). dan memiliki 2 trafo daya 70 kV merk Unindo dengan kapasitas trafo 2x20 MVA, Trafo daya 150 kV serta Trafo Interbus (IBT) merk CG dengan kapasitas 50 MVA. Gardu Induk Sirimau mensuplay 6 penyulang diantaranya yaitu, pada Trafo1 GI Sirimau terdapat penyulang Karpan 2, Manusela dan Tantai Atas. Sedangkan pada Trafo2 GI Sirimau terdapat penyulang Karpan 1, Ahuru, dan Stain 01. Penyulang Tantai Atas merupakan salah satu penyulang terpendek pada ULP Ambon Kota dan memiliki jenis penghantar yang digunakan yaitu jenis penghantar AAAC dengan diameter 50mm², 70mm², 150mm² dan jenis penghantar AAAC-S dengan diameter 70mm², 150mm², 240mm² dapat ditunjukkan pada Tabel berikut :

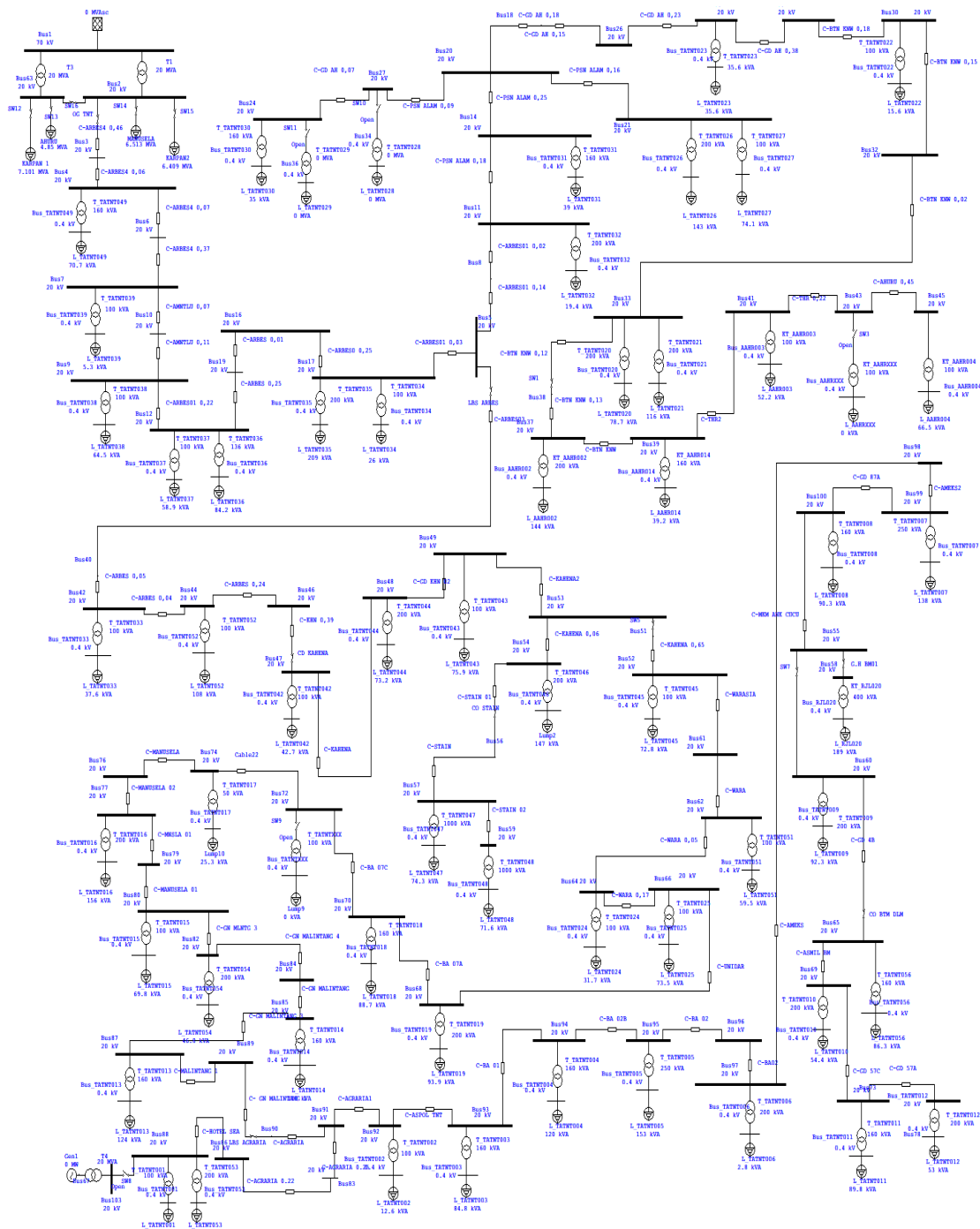
Tabel 1
Jenis Penghantar AAAC

Jenis Penghantar	Diameter Penghantar	Kuat Hantar Arus
AAAC	50 mm ²	250 A
AAAC	70 mm ²	255 A
ACCC	150 mm ²	425 A

Tabel 2
Jenis Penghantar AAAC-S

Jenis Penghantar	Diameter Penghantar	Kuat Hantar Arus	
		30 ⁰ C	40 ⁰ C
AAAC-S	70 mm ²	275 A	246 A
AAAC-S	150 mm ²	423 A	378 A
AAAC-S	240 mm ²	586 A	532 A

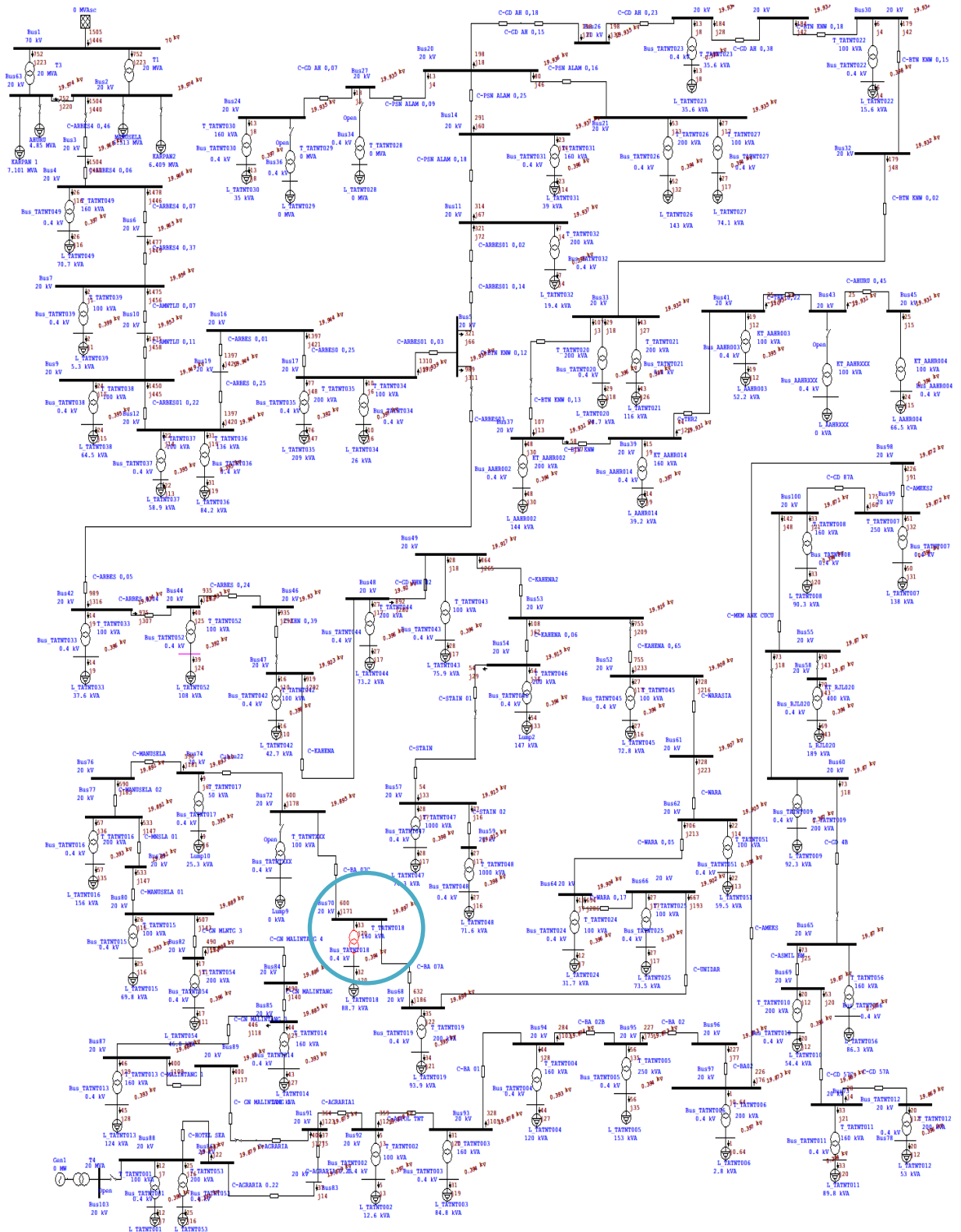
Adapun komponen yang digunakan dalam rangkaian SLD penelitian ini yaitu *Power Grid/Generator*, *Transformator*, *Busbar*, *Fuse*, *Recloser*, *Kabel*, dan *Beban (Lump Load)*. Hasil simulasi *SLD* penyulang Tantui Atas pada *Software ETAP* seperti dalam gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Hasil disain SLD penyulang Tantui Atas menggunakan ETAP

4.2 Kondisi Beban Puncak

Pada kondisi waktu beban puncak memperlihatkan kondisi susut daya teknis tidak signifikan dalam hal ini hanya mencapai 15,3 kW. Berdasarkan hasil percobaan simulasi aliran daya pada penyulang tauti atas dalam kondisi beban puncak kondisi jaringan dalam kondisi normal dalam hal ini tidak terjadi drop tegangan ataupun beban lebih terutama pada saluran atau pada trafo distribusi sehingga tidak menghasilkan *losses* atau susut daya teknis yang besar seperti digambarkan dalam potongan gambar 4 hasil *losses* yang hanya mencapai 15,3kW dan -477,1kVAR.



Gambar 4. Hasil simulasi penyulang tauti atas pada kondisi WBP

Tabel 3.
Hasil kondisi alert pada simulasi WBP

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
T_TATNT018	Transformer	Overload	0.02 MVA	0.039	192.8	3-Phase
Marginal						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus_TATNT052	Bus	Under Voltage	0.4 kV	0.392	98	3-Phase

Berdasarkan hasil simulasi pada kondisi WBP kondisi saluran penyulang Tantui Atas terlihat normal kecuali pada trafo T_TATNT018 yang mengalami *overload* beban. Berdasarkan *losses* dari hasil simulasi *load flow* penyulang Tantui Atas, penyumbang *losses* terbesar pada trafo T_TATNT035 sebesar 0,9 kW sedangkan 0,5 kW terjadi pada tiga trafo yaitu T_TATNT016, T_TATNT046, dan T_TATNT052. Beberapa trafo juga menyumbang *losses* sebesar 0,4kW yaitu pada trafo T_TATNT014, T_TATNT004, T_TATNT026, dan bus KT_AAHR002 serta KT_RJL020. Walaupun demikian nilai *losses* pada penyulang ini tergolong kecil dan masih memenuhi SPLN No. 72 tahun 1987 yaitu sebesar 5%.

Tabel 4.
Potongan hasil *losses* pada kondisi beban puncak

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
C-AGRARIA 0.22	0.037	0.014	-0.037	-0.022	0.0	-8.2	99.4	99.4	0.00
C-AGRARIA 0.25	-0.037	-0.014	0.037	0.005	0.0	-9.3	99.4	99.4	0.00
C-GN M.ALINTANG	0.490	0.140	-0.490	-0.146	0.0	-6.0	99.4	99.4	0.01
C-GN M.ALINTANG 3	0.446	0.118	-0.446	-0.138	0.1	-19.7	99.4	99.4	0.02
T_TATNT014	0.044	0.027	-0.043	-0.027	0.4	0.6	99.4	98.2	1.18
C-HOTEL SEA	0.037	0.022	-0.037	-0.023	0.0	-0.7	99.4	99.4	0.00
C-MALINTANG 1	0.400	0.109	-0.400	-0.117	0.0	-7.4	99.4	99.4	0.01
T_TATNT013	0.046	0.029	-0.045	-0.028	0.4	0.6	99.4	98.2	1.23
T_TATNT001	0.012	0.007	-0.012	-0.007	0.0	0.1	99.4	98.9	0.50
T_TATNT053	0.025	0.016	-0.025	-0.016	0.1	0.1	99.4	98.8	0.55
C- GN MALINTANG 1	0.400	0.117	-0.400	-0.127	0.0	-10.0	99.4	99.4	0.01
C-AGRARIA	0.400	0.127	-0.400	-0.127	0.0	-0.4	99.4	99.4	0.00
C-AGRARIA1	0.364	0.123	-0.364	-0.126	0.0	-3.1	99.4	99.4	0.00
C-ASPOL TNT	0.359	0.123	-0.359	-0.125	0.0	-2.2	99.4	99.4	0.00
T_TATNT002	0.005	0.003	-0.005	-0.003	0.0	0.0	99.4	99.2	0.20
C-BA 01	0.328	0.105	-0.328	-0.130	0.1	-24.9	99.4	99.4	0.02
T_TATNT003	0.031	0.020	-0.031	-0.019	0.2	0.3	99.4	98.5	0.84
C-BA 02B	0.284	0.103	-0.284	-0.110	0.0	-7.4	99.4	99.4	0.00
T_TATNT004	0.044	0.028	-0.044	-0.027	0.4	0.6	99.4	98.2	1.19
C-BA 02	0.227	0.075	-0.227	-0.077	0.0	-1.9	99.4	99.4	0.00
T_TATNT005	0.056	0.035	-0.056	-0.035	0.4	0.6	99.4	98.4	0.97
C-BA02	0.227	0.077	-0.227	-0.077	0.0	0.0	99.4	99.4	0.00
C-AMEKS	0.226	0.076	-0.226	-0.091	0.0	-14.5	99.4	99.4	0.01
T_TATNT006	0.001	0.001	-0.001	-0.001	0.0	0.0	99.4	99.3	0.02
C-AMEKS2	0.226	0.091	-0.226	-0.092	0.0	-0.9	99.4	99.4	0.00
C-GD 87A	0.175	0.060	-0.175	-0.069	0.0	-9.3	99.4	99.4	0.00
T_TATNT007	0.051	0.032	-0.050	-0.031	0.3	0.5	99.4	98.5	0.88
T_TATNT008	0.033	0.021	-0.033	-0.020	0.2	0.3	99.4	98.5	0.90
					15.3	-477.1			

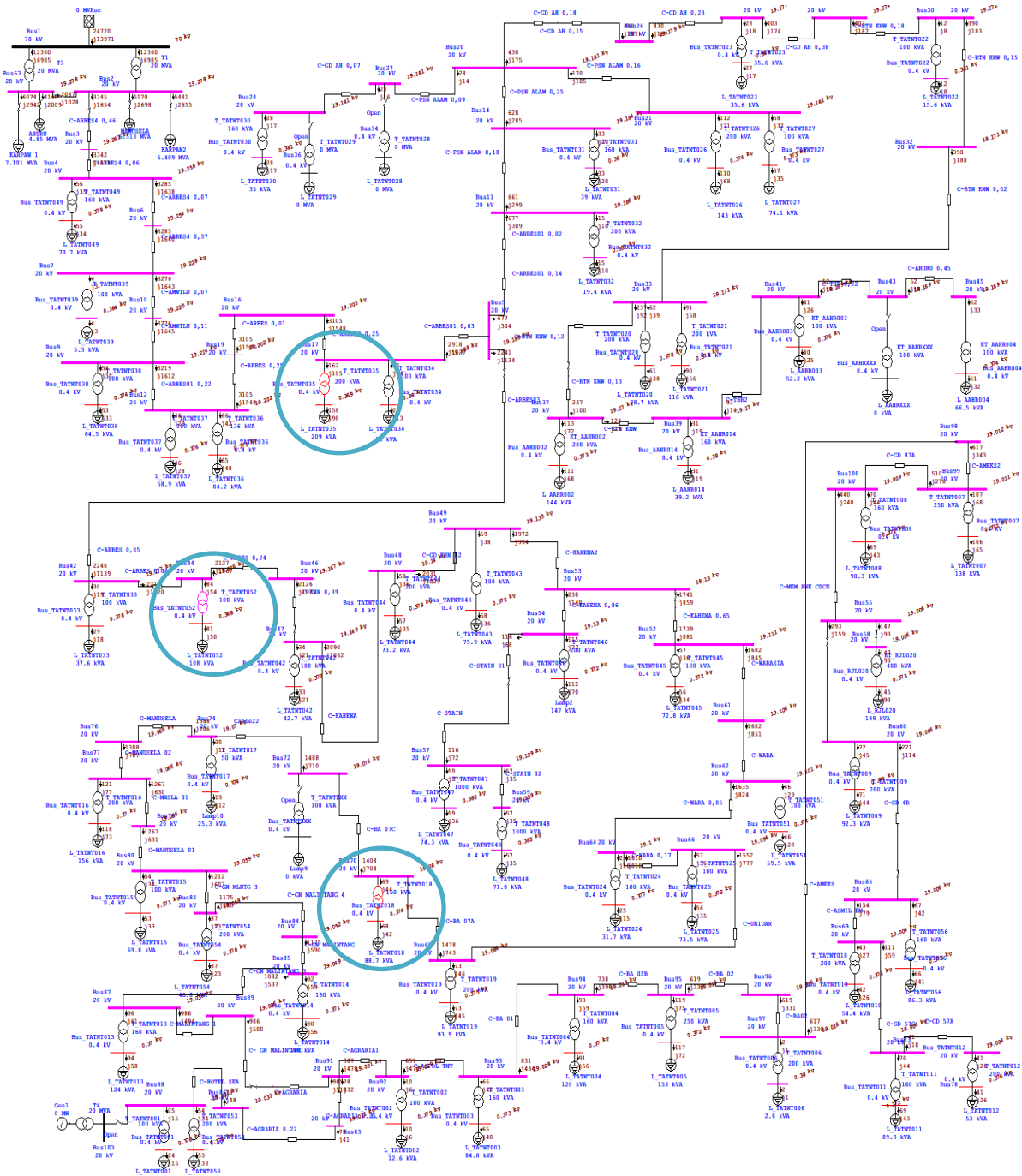
Simulasi *load flow* penyulang Tantui Atas pada kondisi WBP menghasilkan 15,3 kW sehingga untuk memperoleh persentase (%) *losses*, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 (\%) &= \frac{\text{Rugi-rugi daya}}{\text{Daya tersalurkan}} \times 100 \\
 &= \frac{15.3}{1505} \times 100 \\
 &= 1,017\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil simulasi rugi-rugi daya kondisi normal pada penyulang Tantui Atas mencapai 1,017% masih sangat rendah dan belum melebihi batas presentase pelayanan akibat *losses* sesuai SPLN No. 72 tahun 1987 sebesar 5%.

4.3 Susut daya kondisi beban terpasang

Percobaan simulasi aliran daya dilakukan pada kondisi beban terpasang untuk melihat jika kerja beban mencapai maksimum maka besar *losses* pada jaringan penyulang tantui atas dapat dilihat seperti dalam gambar 5 dan tabel 5 yang merupakan potongan hasil alert simulasi ETAP dan dilakukan pada kondisi beban terpasang. Hasil *Load Flow Report Manager (Losses)* yaitu sebesar 183,2 kW dan 1645,3 kVAR.



Gambar 5. Hasil simulasi penyulang tantui atas pada kondisi

Tabel 5.
Potongan hasil *alert* kondisi beban terpasang

Critical							
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type	
Bus_TATNT043	Bus	Under Voltage	0.4 kV	0.372	93	3-Phase	
Bus_TATNT044	Bus	Under Voltage	0.4 kV	0.378	94.4	3-Phase	
Bus_TATNT045	Bus	Under Voltage	0.4 kV	0.372	93	3-Phase	
Bus_TATNT046	Bus	Under Voltage	0.4 kV	0.372	93.1	3-Phase	
Bus_TATNT049	Bus	Under Voltage	0.4 kV	0.379	94.7	3-Phase	
Bus_TATNT051	Bus	Under Voltage	0.4 kV	0.374	93.4	3-Phase	
Bus_TATNT052	Bus	Under Voltage	0.4 kV	0.368	92.1	3-Phase	
Bus_TATNT053	Bus	Under Voltage	0.4 kV	0.376	93.9	3-Phase	
Bus_TATNT054	Bus	Under Voltage	0.4 kV	0.378	94.5	3-Phase	
Bus_TATNT056	Bus	Under Voltage	0.4 kV	0.373	93.1	3-Phase	
T_TATNT018	Transformer	Overload	0.02 MVA	0.082	409.7	3-Phase	
T_TATNT035	Transformer	Overload	0.1 MVA	0.193	193.1	3-Phase	

Marginal							
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type	
Bus83	Bus	Under Voltage	20 kV	19.031	95.2	3-Phase	
Bus84	Bus	Under Voltage	20 kV	19.052	95.3	3-Phase	
Bus85	Bus	Under Voltage	20 kV	19.049	95.2	3-Phase	
Bus86	Bus	Under Voltage	20 kV	19.031	95.2	3-Phase	
Bus87	Bus	Under Voltage	20 kV	19.039	95.2	3-Phase	
Bus88	Bus	Under Voltage	20 kV	19.031	95.2	3-Phase	
Bus89	Bus	Under Voltage	20 kV	19.036	95.2	3-Phase	
Bus9	Bus	Under Voltage	20 kV	19.214	96.1	3-Phase	
Bus90	Bus	Under Voltage	20 kV	19.032	95.2	3-Phase	
Bus91	Bus	Under Voltage	20 kV	19.031	95.2	3-Phase	
Bus92	Bus	Under Voltage	20 kV	19.029	95.1	3-Phase	

Berdasarkan hasil simulasi *load flow* penyulang Tantui Atas pada gambar 5 terlihat bahwa terjadi overload trafo T_TATNT018, T_TATNT035 dan T_TATNT052 seperti digambarkan dalam gambar 5 kondisi *alert* dari simulasi dengan kondisi beban terpasang. Hasil *losses* dari simulasi *load flow* penyulang Tantui Atas ini menghasilkan *losses* sebesar 183,2kW dan 1645,3kVAR. Hasil simulasi memberikan gambaran penyumbang *losses* terbesar pada trafo T1 dan T3 dimana masing-masing menyumbang *losses* sebesar 50,3 kW. Selain trafo, komponen lain yang ikut menyumbang *losses* adalah kabel C-ARBES4 0,36 sebesar 2,6kW, C-ARBES4 0,37 sebesar 4,4kW dan trafo T_TATNT035 sebesar 4,5kW.

Tabel 6.
Hasil *losses* tiap komponen jaringan saat kondisi beban terpasang

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T1	12,360	6,985	-12,309	-5,979	50,3	1006,5	100,0	96,4	3,61
T3	12,360	6,985	-12,309	-5,979	50,3	1006,5	100,0	96,4	3,61
C-ARBES4 0,46	3,345	1,654	-3,342	-1,671	2,6	-17,3	96,4	96,3	0,08
C-ARBES4 0,06	3,342	1,671	-3,342	-1,673	0,6	-1,8	96,3	96,3	0,02
C-ARBES4 0,07	3,285	1,638	-3,285	-1,640	0,6	-2,1	96,3	96,3	0,02
T_TATNT049	0,056	0,035	-0,055	-0,034	0,7	1,0	96,3	94,7	1,57
C-ARBES01 0,03	-2,918	-1,438	2,918	1,437	0,2	-0,9	95,9	95,9	0,01
C-ARBES01 0,14	0,677	0,304	-0,677	-0,309	0,1	-4,8	95,9	95,9	0,01
C-ARBES03	2,241	1,134	-2,240	-1,138	1,0	-3,3	95,9	95,9	0,04
C-ARBES4 0,37	3,285	1,640	-3,280	-1,646	4,4	-6,1	96,3	96,1	0,13
C-AMNTLU 0,07	3,276	1,643	-3,276	-1,645	0,6	-2,1	96,1	96,1	0,02
C-AMNTLU 0,11	-3,274	-1,647	3,276	1,645	1,9	-1,5	96,1	96,1	0,05
C-ARBES01 0,22	3,219	1,612	-3,217	-1,619	2,0	-6,7	96,1	96,0	0,06
T_TATNT038	0,054	0,035	-0,053	-0,033	1,0	1,5	96,1	93,6	2,45
C-PSN ALAM 0,18	0,661	0,299	-0,661	-0,306	0,1	-6,2	95,9	95,9	0,01
T_TATNT036	0,066	0,042	-0,065	-0,040	1,1	1,6	96,0	93,8	2,19
T_TATNT037	0,046	0,029	-0,046	-0,028	0,7	1,1	96,0	93,9	2,09
C-PSN ALAM 0,25	0,628	0,285	-0,628	-0,294	0,1	-8,6	95,9	95,9	0,01
T_TATNT031	0,033	0,020	-0,033	-0,020	0,2	0,3	95,9	95,0	0,92
C-ARBES0 0,25	3,105	1,548	-3,102	-1,555	2,1	-7,6	96,0	95,9	0,06
C-ARBES 0,01	-3,105	-1,548	3,105	1,548	0,1	-0,2	96,0	96,0	0,00
T_TATNT034	0,022	0,014	-0,022	-0,013	0,2	0,2	95,9	95,0	0,98
T_TATNT035	0,162	0,105	-0,158	-0,098	4,5	6,7	95,9	92,3	3,68
T_TATNT026	0,112	0,071	-0,110	-0,068	2,1	3,2	95,9	93,4	2,53
T_TATNT027	0,058	0,037	-0,057	-0,035	1,1	1,7	95,9	93,3	2,62
T_TATNT030	0,028	0,017	-0,028	-0,017	0,2	0,2	95,9	95,1	0,78
C-GD AH 0,38	0,403	0,174	-0,403	-0,187	0,1	-13,2	95,9	95,9	0,01
T_TATNT023	0,028	0,018	-0,027	-0,017	0,7	1,1	95,9	92,4	3,52
T_TATNT022	0,012	0,008	-0,012	-0,008	0,1	0,1	95,9	95,3	0,56
T_TATNT020	0,062	0,039	-0,061	-0,038	0,7	1,0	95,9	94,5	1,40
T_TATNT021	0,091	0,058	-0,090	-0,056	1,4	2,1	95,9	93,8	2,05
KT_AAHR002	0,113	0,072	-0,111	-0,068	2,2	3,2	95,9	93,3	2,54
KT_AAHR014	0,031	0,019	-0,031	-0,019	0,2	0,3	95,9	95,0	0,87
C-ARBES 0,05	2,240	1,138	-2,240	-1,139	0,3	-1,0	95,9	95,9	0,01
KT_AAHR003	0,041	0,026	-0,040	-0,025	0,6	0,9	95,8	94,0	1,85



C-ARBES 0,04	2,210	1,120	-2,210	-1,121	0,2	-1,3	95,9	95,9	0,01
T_TATNT033	0,030	0,019	-0,029	-0,018	0,3	0,4	95,9	94,6	1,33
C-ARBES 0,24	2,127	1,067	-2,126	-1,075	0,9	-7,8	95,9	95,8	0,04
T_TATNT052	0,084	0,054	-0,081	-0,050	2,4	3,6	95,9	92,1	3,80
KT_AAHRO04	0,052	0,033	-0,051	-0,032	0,9	1,4	95,8	93,5	2,35
C-KHN 0,39	2,126	1,075	-2,124	-1,083	2,0	-7,6	95,8	95,7	0,09
C-KAHENA	2,090	1,062	-2,089	-1,066	1,0	-4,1	95,7	95,7	0,05
T_TATNT042	0,034	0,021	-0,033	-0,021	0,4	0,6	95,7	94,2	1,51
C-GD KHN 02	2,031	1,029	-2,031	-1,032	0,6	-2,4	95,7	95,7	0,03
T_TATNT044	0,058	0,036	-0,057	-0,035	0,6	0,8	95,7	94,4	1,30
C-KAHENA2	1,972	0,994	-1,971	-0,999	0,5	-4,9	95,7	95,7	0,02
T_TATNT043	0,059	0,038	-0,058	-0,036	1,2	1,8	95,7	93,0	2,68
C-KAHENA 0,65	1,741	0,859	-1,739	-0,881	1,7	-21,6	95,7	95,6	0,09
C-WARASIA	1,682	0,845	-1,682	-0,851	0,4	-6,0	95,6	95,5	0,03
T_TATNT045	0,057	0,036	-0,056	-0,034	1,1	1,6	95,6	93,0	2,57
T_TATNT046	0,115	0,073	-0,112	-0,070	2,2	3,4	95,6	93,1	2,59
C-MKM ANK CUCU	-0,440	-0,252	0,440	0,240	0,1	-11,6	95,0	95,0	0,01
T_TATNT047	0,059	0,037	-0,059	-0,036	0,1	0,3	95,6	95,4	0,27
KT_RJL020	0,147	0,093	-0,145	-0,090	1,9	2,8	95,0	93,4	1,67
T_TATNT048	0,057	0,035	-0,057	-0,035	0,1	0,2	95,6	95,4	0,26
T_TATNT009	0,072	0,045	-0,071	-0,044	0,9	1,3	95,0	93,4	1,63
C-WARA	1,682	0,851	-1,681	-0,854	0,4	-2,8	95,5	95,5	0,03
C-WARA 0,05	1,635	0,824	-1,635	-0,825	0,2	-1,0	95,5	95,5	0,01
T_TATNT051	0,046	0,029	-0,046	-0,028	0,7	1,1	95,5	93,4	2,10
C-WARA 0,17	1,610	0,810	-1,609	-0,813	0,5	-3,5	95,5	95,5	0,03
T_TATNT024	0,025	0,016	-0,025	-0,015	0,2	0,3	95,5	94,4	1,12
T_TATNT056	0,067	0,042	-0,066	-0,041	1,0	1,4	95,0	93,1	1,90
C-UNIDAR	1,552	0,777	-1,551	-0,789	0,8	-12,7	95,5	95,4	0,05
T_TATNT025	0,057	0,036	-0,056	-0,035	1,1	1,7	95,5	92,9	2,59
C-BA 07A	1,478	0,743	-1,478	-0,748	0,3	-5,3	95,4	95,4	0,02
T_TATNT019	0,073	0,046	-0,073	-0,045	0,9	1,4	95,4	93,8	1,66
C-GD 57C	0,111	0,059	-0,111	-0,062	0,0	-3,7	95,0	95,0	0,00
T_TATNT010	0,043	0,027	-0,042	-0,026	0,3	0,5	95,0	94,1	0,96
C-BA 07C	1,408	0,704	-1,408	-0,710	0,3	-6,0	95,4	95,4	0,02
T_TATNT018	0,069	0,044	-0,068	-0,042	1,0	1,5	95,4	93,4	1,96
Cable22	1,408	0,710	-1,408	-0,718	0,4	-7,7	95,4	95,4	0,03
T_TATNT011	0,070	0,044	-0,069	-0,043	1,0	1,6	95,0	93,0	1,98
C-MANUSELA	1,388	0,706	-1,388	-0,707	0,3	-1,8	95,4	95,3	0,02
T_TATNT017	0,020	0,012	-0,019	-0,012	0,3	0,4	95,4	93,6	1,79
C-MNSLA 01	1,267	0,630	-1,267	-0,631	0,1	-0,4	95,3	95,3	0,00
T_TATNT016	0,121	0,077	-0,118	-0,073	2,5	3,8	95,3	92,6	2,75
T_TATNT012	0,041	0,026	-0,041	-0,026	0,3	0,4	95,0	94,1	0,94
C-MANUSELA 01	1,267	0,631	-1,266	-0,641	0,4	-10,7	95,3	95,3	0,03
C-GN MLNTG 3	1,212	0,607	-1,212	-0,608	0,1	-1,3	95,3	95,3	0,00
T_TATNT015	0,054	0,034	-0,053	-0,033	1,0	1,5	95,3	92,8	2,46
C-GN MALINTANG 4	1,175	0,585	-1,175	-0,590	0,4	-5,0	95,3	95,3	0,03
T_TATNT054	0,037	0,023	-0,037	-0,023	0,2	0,3	95,3	94,5	0,83
C-GN MALINTANG	1,175	0,590	-1,175	-0,596	0,2	-5,4	95,3	95,2	0,02
C-GN MALINTANG 3	1,082	0,537	-1,082	-0,555	0,5	-17,9	95,2	95,2	0,05
T_TATNT014	0,092	0,059	-0,090	-0,056	1,8	2,7	95,2	92,6	2,62
C-MALINTANG 1	0,986	0,494	-0,986	-0,500	0,2	-6,8	95,2	95,2	0,02
T_TATNT013	0,096	0,061	-0,094	-0,058	2,0	3,0	95,2	92,5	2,73
T_TATNT001	0,025	0,015	-0,024	-0,015	0,2	0,3	95,2	94,0	1,11
T_TATNT053	0,054	0,034	-0,053	-0,033	0,5	0,7	95,2	93,9	1,21
C- GN MALINTANG 1	0,986	0,500	-0,985	-0,510	0,2	-9,1	95,2	95,2	0,02
C-AGRARIA1	0,907	0,478	-0,907	-0,480	0,1	-2,8	95,2	95,1	0,01
C-BA 01	0,831	0,434	-0,831	-0,457	0,4	-22,7	95,1	95,1	0,05
T_TATNT003	0,066	0,042	-0,065	-0,040	0,9	1,4	95,1	93,3	1,87
C-BA 02B	0,738	0,398	-0,738	-0,405	0,1	-6,8	95,1	95,1	0,01
T_TATNT004	0,093	0,059	-0,091	-0,056	1,9	2,8	95,1	92,5	2,64
T_TATNT005	0,119	0,075	-0,117	-0,072	1,9	2,9	95,1	92,9	2,16
C-AMEKS	0,617	0,330	-0,617	-0,343	0,1	-13,2	95,1	95,1	0,02
C-GD 87A	0,510	0,276	-0,510	-0,285	0,1	-8,5	95,1	95,0	0,01
T_TATNT007	0,107	0,068	-0,106	-0,065	1,6	2,4	95,1	93,1	1,95
T_TATNT008	0,070	0,044	-0,069	-0,043	1,1	1,6	95,0	93,1	1,99
					183,2	1645,3			

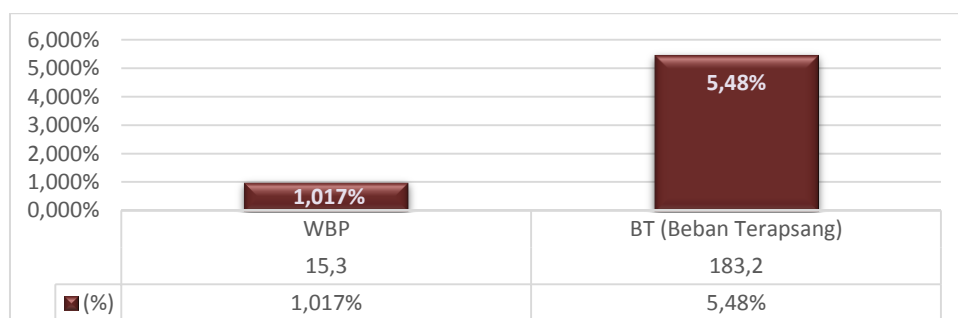
Simulasi *load flow* penyulang Tantui Atas pada kondisi WBP menghasilkan 183,2 kW sehingga untuk memperoleh persentase (%) *losses*, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}(\%) &= \frac{\text{Rugi-rugi daya}}{\text{Daya tersalurkan}} \times 100 \\ &= \frac{183,2}{3345} \times 100 \\ &= 5,48\%\end{aligned}$$

Dari hasil simulasi rugi-rugi daya kondisi normal pada penyulang Tantui Atas mencapai 5,48% sudah melebihi batas presentase pelayanan akibat *losses* sesuai SPLN No. 72 tahun 1987 sebesar 5%.

4.4 Grafik Presentase Losses pada Penyulang Tantui Atas

Berdasarkan hasil simulasi *load flow* pada kedua kondisi diatas dapat digambarkan hasil persentase sebagai berikut :



Gambar 6. Persentase *losses* penyulang Tantui Atas

Gambar 6 diketahui besar nilai *losses* penyulang Tantui Atas pada kondisi WBP dan kondisi beban terpasang dimana pada kondisi WBP sebesar 15,3kW atau sebesar 1,017% dan beban terpasang sebesar 183,2kW atau mencapai 5,48%.

V. PENUTUP

Berdasarkan hasil simulasi dan juga analisa susut daya pada penyulang Tantui Atas dapat disimpulkan bahwa nilai susut daya pada saat kondisi WBP masih dalam kondisi normal yaitu dibawah standar SPLN 5%, sedangkan pada kondisi beban terpasang nilai susut daya telah melebihi batas normal sesuai standar SPLN yaitu diatas 5%, dimana pada kondisi beban terpasang nilai susut daya telah mencapai 5,48%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Perbaikan Susut Daya Pada Jaringan Distribusi PtPIn Ulp Jayapura Penyulang Bougenville, E. Margaretha Ohee Jurusan Teknik Elektro, and J. Dultudes Mangopo Jurusan Teknik Elektro, "Analysis Of Power Loss Improvements In The Distribution Network At Pt. Pln (Persero) Ulp Jayapura, Bougenville Feeder," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 2, pp. 124–135, 2022.
- [2] Y. Marniati, "Evaluasi Susut Daya Penyulang Cendana 20 kV Pada Gardu Induk Bungaran Dengan ETAP 12.6," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 79–92, 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133712.
- [3] Erhaneli, Z. Anthony, S. Amalia, and H. F. P. Sari, "Perbaikan Nilai Susut Teknis Jaringan Tegangan Menengah Penyulang 5 Matur PT PLN Rayon Koto Tuo," *J. Tek. Elektro Inst. Teknol. Padang*, vol. 9, no. 2, pp. 67–71, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.itp.ac.id/index.php/telektro/index>
- [4] R. Rifal, S. B. Utomo, and M. Haddin, "Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Daya pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Gardu Induk Tambak Lorok – Bawen dengan menggunakan Etap 12.6.0," *Pros. Konf. Ilm. Mhs. Unissula Klaster Eng.*, vol. 0, no. 0, pp. 234–243, 2020, [Online]. Available: <http://lppm-unissula.com/jurnal.unissula.ac.id/index.php/kimueng/article/view/8592>
- [5] J. . Stevenson, W.D and Grainger, *Analysis Power System*. Singapura: McGraw Hill, 1994.
- [6] P. Studi *et al.*, "Arya Pamungkas Subuh Isnur Haryudo," no. 5, 2006.
- [7] S. Husu, A. Lolok, S. Hay, L. Pagiling, Y. A. Koedoes, and I. Galugu, "Analisis Rugi-Rugi Daya pada Jaringan Distribusi PT PLN (Persero) Rayon Raha," *Semin. NasionalTeknologi Terap. Inov. dan*

- Rekayasa*, pp. 298–303, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/logitech/article/view/571>
- [8] I. Priyadi, J. Haidi, and C. Sihotang, “Analisis Pengaruh Penambahan Penyulang Dan Pemisahan Beban Terhadap Susut Daya Menggunakan Metode Simple Branch Exchange (Studi Kasus PT PLN ULP Lima Puluh, Sumatera Utara),” *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 11, no. 2, pp. 13–21, 2021, doi: 10.33369/jamplifier.v11i2.18579.
- [9] I. K. Winarta, E. H. Harun, and J. D. Giu, “Studi Susut Daya Jaringan Distribusi Primer Area Luwuk Melalui Simulasi Aliran Daya Menggunakan Metode Newton Raphson,” *Transmisi*, vol. 23, no. 4, pp. 125–133, 2021, doi: 10.14710/transmisi.23.4.125-133.
- [10] A. M. Siregar, B. Badriana, H. M. Yusdartono, and A. Hasibuan, “Perbaikan Nilai Susut Teknis Jaringan Tegangan Menengah Pada Feeder K.H. 05 (Case Study PLN ULP Kruenggukuh),” *J. Energi Elektr.*, vol. 12, no. 1, p. 24, 2023, doi: 10.29103/jee.v12i1.11708.