

Studi Aliran Daya Pada Penyulang GH-06 PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam Lhokseumawe

Martunis¹⁾, Muliadi^{2*)}, Fadli³⁾, Aditya Chandra⁴⁾

^{1, 2, 3, 4)} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Iskandar Muda

Jl. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: muljadi.tripa@gmail.com

ABSTRACT

Simulating Power Flow using the Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) is a comprehensive analysis software for designing and manipulating a power circuit system. ETAP integrates power circuit data such as generator capacity, network length per km, busbar capacity, transformer rating, zero sequence impedance, and positive and negative of electrical equipment such as transformers, generators, and conductors. The simulation results from the Etap 12.6.0 software are used to analyze the power flow in the 20 kV distribution network at PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam Lhokseumawe and the amount of voltage drop and losses. This simulation process uses the Fast-Decoupled power flow method, the calculation process uses the maximum iteration value of 99. For a 20 kV network at PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam obtained active power (P) of 484.80 kW, reactive power (Q) of 363.88 kVAR, and apparent power (S) of 606.10 kVA. The total value of the overall voltage drop is 0.12%, and the overall loss value is 0.3 kW for active power (P) and 1.0 kvar for reactive power (Q). In this simulation, there are a total of 25 buses used. The power obtained from the simulation results using the ETAP software enters the distribution system network at Feeder PT. PLN Rayon Lancang Garam Lhokseumawe, namely sending power 484.80kW, 363.88 kVAR, and 606.10 kVA. The total demand load in the system resulting from the ETAP simulation is 484.80 kW 363.88 kVAR and 606.10 kVA. Total load power losses in the simulated system are 0.03 kW and 0.04 kVAR.

Keywords: Power Flow, Transformer, ETAP, Power Distribution System

ABSTRAK

Dalam mensimulasikan Aliran Daya dengan menggunakan Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) adalah suatu perangkat lunak analisis comprehensive untuk mendesain dan memanipulasi suatu sistem rangkaian tenaga. ETAP mengintegrasikan data-data rangkaian tenaga seperti kapasitas pembangkit, panjang jaringan per km, kapasitas busbar, rating trafo, impedansi urutan nol, positif dan negatif suatu peralatan listrik seperti trafo, generator dan penghantar. Hasil simulasi dari software Etap 12.6.0 tersebut digunakan untuk menganalisis aliran daya pada jaringan distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam Lhokseumawe serta besaran drop tegangan dan losses. Proses simulasi ini menggunakan metode aliran daya Fast-Decoupled, proses perhitungan tersebut menggunakan nilai maksimum iterasi dengan 99. Untuk jaringan 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Lancang garam diperoleh daya aktif (P) sebesar 484,80 kW, daya reaktif (Q) sebesar 363,88 kVAR, dan daya semu (S) sebesar 606,10 kVA. Total nilai drop tegangan keseluruhan sebesar 0,12 %, diperoleh juga nilai Losses dengan keseluruhan yaitu sebesar 0,3 kW untuk daya aktif (P) dan 1.0 kvar untuk daya reaktif (Q). Dalam simulasi ini terdapat total sebanyak 25 Bus yang digunakan, Daya yang didapatkan dari hasil simulasi menggunakan software ETAP yang masuk ke dalam jaringan sistem distribusi Pada Penyulang PT. PLN Rayon Lancang Garam Lhokseumawe yaitu daya kirim 484,80kW, 363,88 kVAR dan 606,10 kVA. Total beban permintaan di sistem hasil simulasi ETAP yaitu 484,80 kW 363,88 kVAR dan 606,10 kVA. Total rugi-rugi daya beban pada sistem hasil simulasi 0,03 kW dan 0,04 kVAR.

Kata Kunci : Aliran Daya, Transormator, ETAP, Sistem Distribusi Tenaga Listrik

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik adalah kumpulan perangkat serta peralatan listrik yang bertujuan untuk menyalurkan tenaga listrik dan mempunyai peranan yang sangat penting dalam menghadapi berbagai tantangan terhadap perkembangan dan pertumbuhan jumlah penduduk [1]. Perkembangan dan laju pertumbuhan tersebut sangat berdampak terhadap sarana dan prasarana dalam penyediaan tenaga listrik [2][3]. Saat ini, ketersediaan tenaga listrik menjadi salah satu kebutuhan utama terhadap keberlangsungan hidup manusia, baik untuk skala rumah tangga, komersil, maupun industri. Hal ini

dikarenakan tenaga listrik mudah untuk ditransformasikan atau dikonversikan ke berbagai bentuk energi sesuai dengan kebutuhan. Oleh sebab itu, penyediaan tenaga listrik yang stabil dan handal menjadi salah satu syarat wajib untuk dipenuhi agar kebutuhan listrik dapat disalurkan sesuai kebutuhan semua konsumen [4][5].

Pada proses penyaluran tenaga listrik, lokasi konsumen yang berjauhan sangat berpotensi terjadinya drop tegangan dan rugi-rugi daya yang cukup besar sehingga dapat

menyebabkan kerugian baik untuk konsumen maupun penyedia tenaga listrik[6]. Jadi, untuk mengantisipasi hal tersebut maka perlu dilakukan studi aliran daya yang berguna untuk memperoleh informasi mengenai tegangan dan aliran daya pada suatu jaringan sistem tenaga listrik. Studi aliran daya juga dilakukan untuk mengetahui kondisi keseluruhan dari suatu sistem tenaga listrik (masih normal atau abnormal) dan untuk mengetahui besarnya drop tegangan serta rugi-rugi daya pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV [7][8].

Adapun metode yang digunakan untuk menghitung aliran daya pada jaringan tersebut yaitu dengan menggunakan software *Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP). ETAP merupakan salah satu *software analisis comprehensive* yang digunakan untuk mendesain dan memanipulasi suatu sistem rangkaian tenaga dengan cara mengintegrasikan data-data rangkaian tenaga seperti kapasitas pembangkit, panjang jaringan per km, kapasitas busbar, rating trafo, impedansi urutan nol, positif dan negatif suatu peralatan listrik seperti trafo, generator dan penghantar [3]. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung aliran daya, drop tegangan, dan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam dengan menggunakan *software* ETAP.

Selanjutnya, manfaat penelitian ini yaitu agar penyulang GH-06 PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam dapat mengurangi drop tegangan dan rugi-rugi daya sehingga penyulang tersebut menjadi lebih handal dan konsumen juga tidak dirugikan.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi aliran daya dengan memanfaatkan aplikasi ETAP versi 12.6.0 untuk mendesain dan simulasi penyulang GH-06 PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam Lhokseumawe agar mendapatkan besar drop tegangan dan rugi-rugi daya. Proses simulasi ini menggunakan metode aliran daya *Fast-Decoupled*, proses perhitungan tersebut menggunakan nilai maksimum iterasi dengan 99.

A. Studi Aliran Daya

Untuk meningkatkan kinerja pada sistem biasanya menggunakan studi aliran daya yang bertujuan untuk menganalisis besar tegangan, arus, daya aktif dan daya reaktif diberbagai titik/bus sepanjang jaringan listrik dalam kondisi operasi normal. Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan pengembangan sistem tenaga listrik di masa-masa yang akan datang dan juga untuk mengevaluasi kinerja sistem tenaga listrik yang sudah ada (*existing*). Pada studi tersebut, semua bus pada sistem dapat dikelompokkan menjadi [1][10]:

- Bus berayun (*swing bus*) atau disebut juga dengan *slack bus*, *floating bus* atau bus referensi, diambil di antara bus generator yang memiliki kapasitas tertinggi dan sebagai bus yang melayani bus beban dan penyeimbang rugi-rugi daya pada sistem. Bus ini memiliki *magnitude* tegangan dan sudut fasa tertentu.
- Bus kontrol tegangan (*voltage control bus*) merupakan bus yang memiliki besar tegangan dan daya reaktif yang dispesifikasikan dengan jangkauan batas tertentu. Pengaturan daya reaktif

yang disuplai atau diserap dimaksudkan untuk mengendalikan tegangan pada bus. Bus ini disebut juga bus generator.

- Bus beban (*load bus*) merupakan bus yang memiliki daya aktif dan daya reaktif dengan nilai tertentu dan didapatkan dari hasil pengukuran tertentu. Nilai tegangan dan sudut fasa tegangan harus dicari melalui proses iterasi sampai diperoleh nilai tertentu atau konvergensi telah dipenuhi dengan ketelitian tertentu. Bus ini juga disebut dengan bus P-Q.

B. Metode Fast-Decoupled

Metode *Fast-Decoupled* (FD) lebih sesuai digunakan dalam studi aliran daya karena telah banyak penyempurnaan dari metode-metode lainnya seperti *Newton Raphson* dan *Guss Seidel*. Metode FD lebih baik diterapkan pada jaringan sistem besar apalagi untuk jaringan sistem kecil. Karakteristik dari pengoperasian sistem tenaganya dalam kondisi tunak. Kondisi tersebut bergantung antara daya nyata dengan sudut fasa, tegangan bus, dan antara daya reaktif dengan *magnitude* tegangan bus. Pada kondisi ini, terdapat perubahan yang kecil pada *magnitude* tegangan dan tidak akan menyebabkan perubahan yang berarti pada daya nyata. Jadi, pada perhitungan aliran daya terdapat beberapa kondisi yang dilakukan dengan menaikkan dan menurunkan beban pada tiap bus, perubahan perbandingan antara R dan X serta pengaruh terhadap sudut fasa. Perhitungan dalam metode studi aliran daya dimulai dengan pembentukan impedansi jaringan (Zij) dengan persamaan sebagai berikut[11] :

$$Z = R + jX \quad (1)$$

$$Z_{ij} = R_{ij} + jX_{ij} \quad (2)$$

Dimana:

Z_{ij} = Impedansi jaringan antara bus i dan bus j (Ohm)
 R_{ij} = Resistansi jaringan antara bus i dan bus j (Ohm)
 X_{ij} = Reaktansi jaringan antara bus i dan bus j (Ohm)

Kemudian impedansi jaringan dapat dikonversi ke admitansi jaringan.

$$Y_{ij} = \frac{1}{s} \quad (3)$$

Dan impedansi :

$$Z = R_{ij} + jX_{ij} \quad (4)$$

Kemudian matriks admitansi bus Y dibentuk dengan komponen yang terdiri dari admitansi jaringan, kapasitansi saluran dan perubahan *tap* transformator. Matriks admitansi Y bus yang terbentuk dalam keadaan rectangular diubah menjadi polar. Dimana sebelumnya matriks admitansi Y bus dipisahkan menjadi komponen matriks G (nilai real) dan matriks B (nilai imajiner), lalu mencari daya terjadwal pada setiap bus dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{ijd} = PG_i - PL_i \quad (5)$$

$$Q_{ijd} = QG_i - QL_i \quad (6)$$

Dimana :

P_{ijd} = Daya aktif terjadwal (MW)
 Q_{ijd} = Daya reaktif terjadwal (MVAR)
 P_{Gi} = Daya aktif pembangkitan (MW)
 Q_{Gi} = Daya reaktif Pembangkitan (MVAR)
 P_{Li} = Daya aktif beban (MW)
 Q_{Li} = Daya reaktif beban (MVAR)

Selanjutnya melakukan perhitungan untuk daya aktif dan reaktif terhitung pada saluran dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_i = \sum_{n=1}^n |Y_{ij} V_{ij}| N n = 1 \cos(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \quad (7)$$

$$Q_i = \sum_{n=1}^n |Y_{ij} V_{ij}| N n = 1 \cos(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \quad (8)$$

Dimana :

P_i = Daya aktif terhitung pada bus i (MW)
 Q_i = Daya reaktif terhitung pada bus I (Mvar)
 θ_i = Magnitude tegangan dan sudut phasa pada bus I (kV)
 θ_j = Magnitude tegangan dan sudut phasa pada bus j (kV)
 θ_{in} = Admitansi saluran dan sudut phasa elemen matriks admitansi Y

Setelah mendapatkan hasil dari persamaan (7) dan (8), apabila belum mencapai nilai toleransi yang diinginkan lanjut menghitung selisih daya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta P_i = P_{ijd} - P_{ihit} \quad (9)$$

$$\Delta Q_i = Q_{ijd} - Q_{ihit} \quad (10)$$

Dimana :

ΔP_i = Selisih daya aktif bus ke i (MW)
 ΔQ_i = Selisih daya reaktif bus ke i (MVAR)
 P_{ijd} = Daya aktif terjadwal (MW)
 P_{ihit} = Daya aktif perhitungan (MW)
 Q_{ijd} = Daya reaktif terjadwal (MVAR)
 Q_{ihit} = Daya reaktif perhitungan (MVAR)

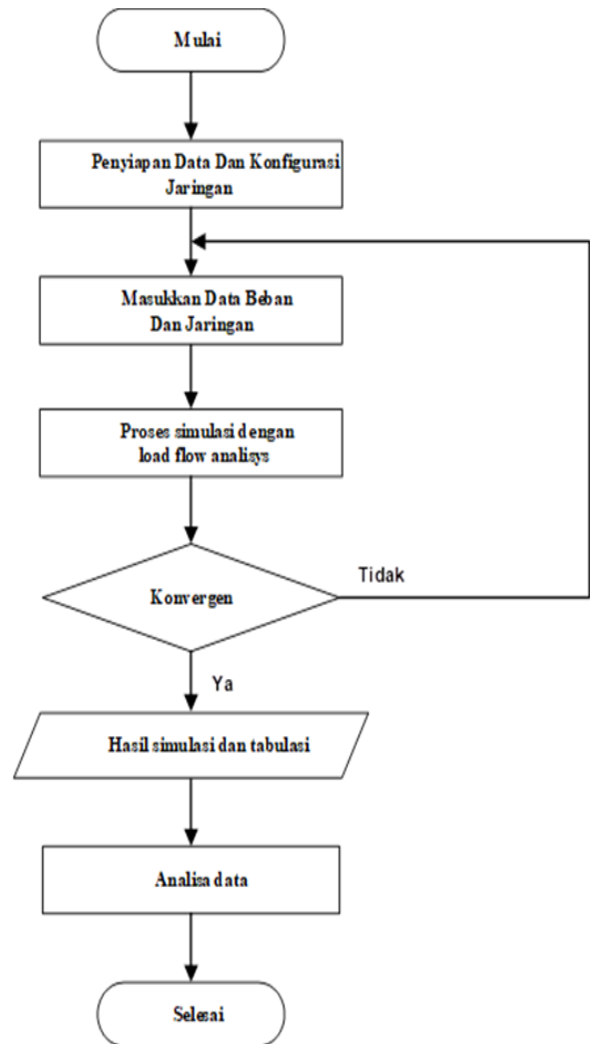
Setelah selisih daya dihitung selanjutnya membentuk matriks *Jacobian* namun pembentukan matriks *Jacobian* pada *Fast-Decoupled* berbeda dengan metode *Newton-Raphson* perbedaannya yaitu:

1. Perbandingan X/R saluran cukup tinggi jadi nilai $G_{ij} \sin \delta_{ij} < B_{ij}$
2. Perbedaan sudut fasa tegangan tiap bus sangat kecil jadi $\sin \delta_{ij} = (\delta_i - \delta_j) \cong \delta_i - \delta_j$ $\cos \delta_{ij} = \cos(\delta_i - \delta_j) \cong 1.00$
3. Nilai daya reaktif pada bus Q_i selalu lebih kecil dari nilai $B_{ii} V_i^2$
4. Nilai J_2 dan J_3 dianggap 0 seperti berikut dan nilai J_1 diubah menjadi H J_4 menjadi L

C. Software ETAP (Electric Transient Analysis Program)

ETAP aplikasi atau perangkat lunak berfungsi untuk mendesain, menganalisis dan melakukan simulasi pada sistem tenaga listrik. ETAP memiliki kemampuan dalam menganalisis aliran daya dan dapat menghitung serta menginformasikan kondisi tegangan di setiap bus, faktor

daya, rugi daya pada saluran, aliran daya aktif dan reaktif juga arus saluran [12]. Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian ini, selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 1.



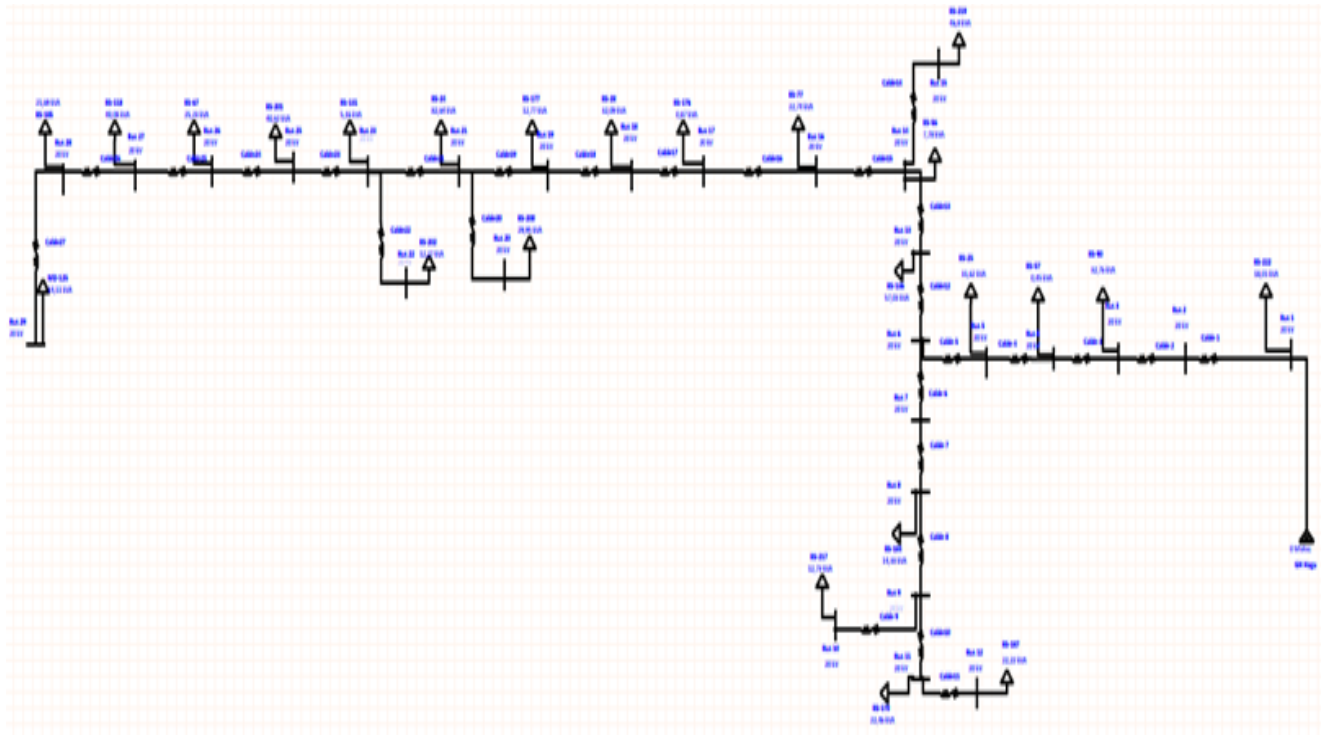
Gambar 1. Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

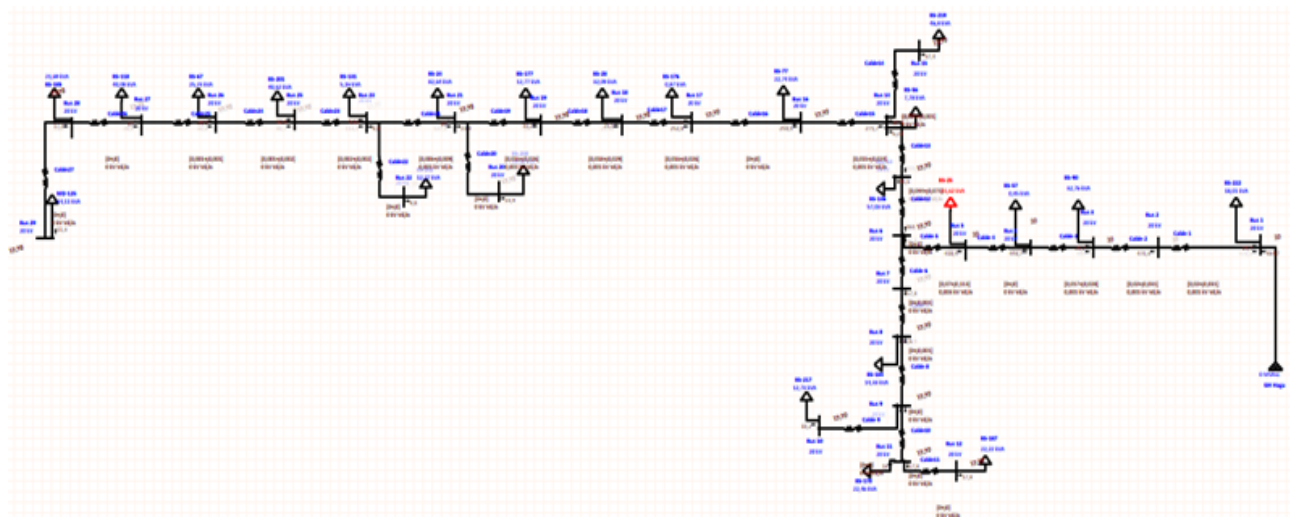
A. Hasil Simulasi

Simulasi aliran daya pada jaringan distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam dan besarnya *drop* tegangan serta rugi-rugi daya menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Pada simulasi ini juga terdapat total 25 bus yang digunakan dan *load flow analysis* yang digunakan pada jaringan distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam adalah katagori pembebanan dan pembangkitan sistem design dimana jumlah dari bus terdiri dari 1 buah *swing /slack bus*. Metode simulasi menggunakan *Fast-Decoupled*, dengan maksimum nomor iterasi 99, nilai presisinya 0,0001000, frekuensi sistem sebesar 50 Hz dan menggunakan sistem unit Metrik.

Adapun tampilan konfigurasi jaringan distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam penyulang HG-06 sebelum dan sesudah di inputkan semua data ke dalam aplikasi ETAP ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Tampilan Project ETAP sebelum simulasi



Gambar 3. Tampilan Project ETAP sesudah simulasi

Gambar 2 dan Gambar 3 merupakan bentuk tampilan jaringan distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam penyulang HG-06 yang disimulasikan

dengan menggunakan software ETAP. Setelah selesai dilakukan penginputan semua data pada konfigurasi yang sudah di desain maka simulasi ETAP di jalankan.

B. Aliran Daya dan Rugi-rugi Daya pada saluran

Hasil dari simulasi aliran daya jaringan distribusi 20 kV pada penyulang HG-06 PT. PLN (Persero) Lancang Garam dengan menggunakan software ETAP dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

TABEL 1. ALIRAN DAYA PADA PENYULANG HG-06

No	Penghantar	Dari Bus	Ke Bus	Daya Kirim		Daya Terima	
				P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
1	Cable GH	GH Hagu	BS-222	484,7	363,7	484,7	363,7
2	Cable1	BS-222	BUS-2	470,3	352,9	470,3	352,9
3	Cable2	BUS-2	BS-90	470,3	352,9	470,3	352,9
4	Cable3	BS-90	BS-57	444,0	332,2	443,7	332,9

5	Cable4	BS-57	BS-25	443,7	332,9	443,7	332,9
6	Cable5	BS-25	BUS-6	418,4	313,9	414,3	313,8
7	Cable6	BUS-6	BUS-7	57,3	43,0	57,3	43,0
8	Cable7	BUS 7	BS-184	57,3	43,0	57,3	43,0
9	Cable8	BS-184	BUS-9	45,9	33,4	45,9	33,4
10	Cable9	BUS-9	BS-217	10,2	7,6	10,2	7,6
11	Cable10	BUS-9	BS-170	35,7	26,8	35,7	26,8
12	Cable11	BS-170	BS-187	17,8	13,3	17,8	13,3
13	Cable12	BUS-6	BS-136	361,0	270,8	361,0	270,8
14	Cable13	BS-136	BS-56	315,4	236,6	315,3	236,6
15	Cable14	BS-56	BS-219	37,4	28,0	37,4	28,0
16	Cable15	BUS-14	BS-77	271,7	203,8	271,7	203,8
17	Cable16	BS-77	BS-176	253,5	189,7	253,5	189,6
18	Cable17	BS-176	BS-28	252,8	189,7	252,8	189,6

19	Cable18	BS-28	BS-177	227,2	170,4	227,2	170,4
20	Cable19	BS-177	BS-24	217,0	162,7	217,0	162,7
21	Cable 20	BUS-21	BS-200	23,9	17,9	23,9	17,9
22	Cable 21	BUS-21	BS-131	127,1	95,3	127,1	95,3
23	Cable 22	BUS-23	BS-202	9,8	7,3	9,8	7,3
24	Cable 23	BUS-23	BS-201	113,1	84,9	113,1	84,9
25	Cable 24	BS-201	BS-67	80,7	60,5	80,7	60,5
26	Cable 25	BS-67	BS-118	60,6	45,4	60,6	45,4
27	Cable 26	BS-118	BS-185	28,6	21,4	28,6	21,4
28	Cable 27	BS-185	MD-125	11,3	8,4	11,3	8,4

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa daya (P) terkirim dari GH Hagu sebesar 484,7 kW diterima oleh BS-222 sebesar 484,7 kW (CableGH), dari BS-222 daya terkirim sebesar 470,3 kW diterima oleh Bus-2 sebesar 470,3 kW (Cable1), dari Bus-2 daya terkirim sebesar 470,3 kW diterima oleh BS-90 sebesar 470,3 kW (Cable2), dari BS-90 daya terkirim sebesar 444 kW diterima oleh BS-57 sebesar 443,7 kW (Cable3), dari BS-57 daya terkirim sebesar 443,7 kW diterima oleh BS-25 sebesar 443,7 kW (Cable4), dari BS-25 daya terkirim sebesar 418,4 kW diterima oleh Bus-6 sebesar 414,3 kW (Cable5), dari Bus-6 daya terkirim sebesar 57,3 kW diterima oleh Bus-7 sebesar 57,3 kW (Cable6), dari Bus-7 daya terkirim sebesar 57,3 kW diterima oleh BS-184 sebesar 57,3 kW (Cable7), dari BS-184 daya terkirim sebesar 45,9 kW diterima oleh Bus-9 sebesar 45,9 kW (Cable8), dari Bus-9 daya terkirim sebesar 45,9 kW diterima oleh BS-217 sebesar 45,9 kW (Cable9), dari Bus-9 daya terkirim sebesar 35,7 kW diterima oleh BS-170 sebesar 35,7 kW (Cable10), dari Bus-6 daya terkirim sebesar 361,0 kW diterima BS-136 sebesar 361,0 kW (Cable12), dari BS-136 daya terkirim sebesar 315,4 kW diterima oleh Bus-14 sebesar 315,3 kW (Cable13), dari Bus-14 daya terkirim sebesar 37,4 kW diterima oleh BS-219 sebesar 37,4 kW (Cable14), dari Bus-14 daya terkirim sebesar 271,7 kW diterima oleh BS-77 sebesar 271,7 kW (Cable15), dari BS-77 daya terkirim sebesar 252,8 kW diterima oleh BS-176 sebesar 252,8 kW (Cable16), dari BS-176 daya terkirim sebesar 252,8 kW diterima oleh BS-28 sebesar 252,8 kW (Cable17), dari BS-28 daya terkirim sebesar 227,2 kW diterima oleh BS-117 sebesar 227,2 kW (Cable18), dari BS-117 daya terkirim sebesar 217,0 kW diterima oleh BS-24 sebesar 217,0 kW (Cable19), dari Bus-20 daya terkirim sebesar 23,9 kW diterima oleh BS-200 sebesar 23,9 kW (Cable20), dari Bus-20 daya terkirim sebesar 127,1 kW diterima oleh BS-131 sebesar 127,1 kW (Cable21), dari Bus-22 daya terkirim 9,8 kW diterima oleh BS-202 sebesar 9,8 kW (Cable22), dari Bus-22 daya terkirim 113,1 kW diterima oleh BS-201 sebesar 113,1 kW (Cable23), dari BS-201 daya terkirim 80,7 kW diterima oleh BS-67 sebesar 80,7 kW (Cable24), dari BS-67 daya terkirim 60,6 kW diterima oleh BS-118 sebesar 60,6 kW (Cable25), dari BS-118 daya terkirim sebesar 28,6 kW diterima oleh BS-185 sebesar 28,6 kW (Cable26), dari BS-185 daya terkirim sebesar 11,3 kW diterima oleh MD-125 sebesar 11,3 kW (Cable 27). Pada Tabel 1 juga menunjukkan bahwa daya kirim dan daya terima terbesar terdapat pada CableGH, yaitu dari GH Hagu ke BS-222 masing-masing sebesar 484,7 kW dan 363,7 kVAR. Sedangkan daya kirim dan terima terkecil terdapat pada Cable9 (dari Bus 9 ke BS-217), Cable22 (dari Bus 23 ke BS-202), dan Cable 27 (dari BS-185 ke MD-125) masing-masing sebesar 10,2 kW, 9,8 kW, dan 11,3 kW.

Selanjutnya, besar rugi-rugi daya pada jaringan distribusi 20 kV penyulang GH-06 PT. PLN (Persero) Lancang Garam, selengkapnya ditampilkan pada Tabel 2.

TABEL 2. RUGI-RUGI DAYA PADA PENYULANG HG-06

No	Penghantar	Dari Bus	Ke Bus	Rugi-rugi Daya	
				P (kW)	Q (kVAR)
1	CableGH	GH Hagu	BS-222	0.0	0.0
2	Cable1	BS-222	BUS-2	0.0	0.1
3	Cable2	BUS-2	BS-90	0.1	0.1
4	Cable3	BS-90	BS-57	0.0	0.0
5	Cable4	BS-57	BS-25	0.1	0.1
6	Cable5	BS-25	BUS-6	0.0	0.0
7	Cable6	BUS-6	BUS-7	0.0	0.0
8	Cable7	BUS 7	BS-184	0.0	0.0
9	Cable8	BS-184	BUS-9	0.0	0.0
10	Cable9	BUS-9	BS-217	0.0	0.0
11	Cable10	BUS-9	BS-170	0.0	0.0
12	Cable11	BS-170	BS-187	0.0	0.0
13	Cable12	BUS-6	BS-136	0.1	0.1
14	Cable13	BS-136	BS-56	0.0	0.0
15	Cable14	BS-56	BS-219	0.0	0.0
16	Cable15	BUS-14	BS-77	0.0	0.0
17	Cable16	BS-77	BS-176	0.0	0.0
18	Cable17	BS-176	BS-28	0.0	0.0
19	Cable18	BS-28	BS-177	0.0	0.0
20	Cable19	BS-177	BS-24	0.0	0.0
21	Cable 20	BUS-21	BS-200	0.0	0.0
22	Cable 21	BUS-21	BS-131	0.0	0.0
23	Cable 22	BUS-23	BS-202	0.0	0.0
24	Cable 23	BUS-23	BS-201	0.0	0.0
25	Cable 24	BS-201	BS-67	0.0	0.0
26	Cable 25	BS-67	BS-118	0.0	0.0

Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa besar rugi-rugi daya pada penyulang GH-06 sebesar 0.1 kW, yaitu terdapat pada Bus-2 (dari Cable2 ke BS-90), BS-57 (dari Cable4 ke BS-25) dan Bus-6 (dari Cable12 ke BS-136). Sedangkan besar rugi-rugi daya reaktif pada penyulang GH-06 sebesar 0.1 kVAR, yaitu terdapat pada penghantar Cable1 (dari BS-222 ke Bus-2), Cable2 (dari Bus-2 ke BS-90), Cable4 (dari BS-57 ke BS-25), dan Cable12 (dari Bus-6 ke BS-136). Jadi total rugi-rugi daya secara keseluruhan yaitu masing-masing sebesar 0.3 kW dan 0.4 kVAR.

C. Drop Tegangan pada Bus

Berdasarkan SPLN no 72 tahun 1987 (pasal 4 ayat 19), turun tegangan pada JTM dibolehkan 5 % dari tegangan dengan kerja bagi sistem yang memanfaatkan STB (Sadapan Tanpa Beban trafo distribusi) yaitu sistem radial di atas tanah dan simpul. Sehingga persentase drop tegangan yang diizinkan pada jaringan distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam sebesar 5 %. Hasil drop tegangan dari simulasi menggunakan software ETAP dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3. DROP TEGANGAN

No	Penghantar	Dari Bus	Ke Bus	Voltage Drop (%)
1	CableGH	GH Hagu	BS-222	0.00
1	Cable1	BS-222	BUS-2	0.01
2	Cable2	BUS-2	BS-90	0.01
3	Cable3	BS-90	BS-57	0.01

4	Cable4	BS-57	BS-25	0.00
5	Cable5	BS-25	BUS-6	0.00
6	Cable6	BUS-6	BUS-7	0.02
7	Cable7	BUS 7	BS-184	0.00
8	Cable8	BS-184	BUS-9	0.00
9	Cable9	BUS-9	BS-217	0.00
10	Cable10	BUS-9	BS-170	0.00
11	Cable11	BS-170	BS-187	0.00
12	Cable12	BUS-6	BS-136	0.00
13	Cable13	BS-136	BS-56	0.02
14	Cable14	BS-56	BS-219	0.00
15	Cable15	BUS-14	BS-77	0.00
16	Cable16	BS-77	BS-176	0.01
17	Cable17	BS-176	BS-28	0.01
18	Cable18	BS-28	BS-177	0.01
19	Cable19	BS-177	BS-24	0.01
20	Cable 20	BUS-21	BS-200	0,00
21	Cable 21	BUS-21	BS-131	0,01
22	Cable 22	BUS-23	BS-202	0,00
23	Cable 23	BUS-23	BS-201	0,00
24	Cable 24	BS-201	BS-67	0,00
25	Cable 25	BS-67	BS-118	0,00

Dari Tabel 3 didapatkan bahwa *drop* tegangan di penyulang GH-06 terbesar terjadi pada Cable6 (dari Bus-6 ke Bus-7) dan Cable13 (dari BS-136 ke BS-56), yaitu masing-masing sebesar 0.02 %. Sedangkan besar *drop* tegangan pada 8 (delapan) penghantar lainnya (Cable1, Cable2, Cable3, Cable16, Cable17, Cable18, Cable19, dan Cable21), yaitu masing-masing sebesar 0.01 %. Jadi, total nilai *drop* tegangan keseluruhan yang terjadi pada penyulang GH-06 adalah sebesar 0.12 %.

D. Total Pemakaian Daya dan Drop Tegangan

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan software ETAP, total pemakaian daya, rugi-rugi daya, dan *drop* tegangan yang masuk ke dalam jaringan sistem distribusi penyulang PT. PLN Rayon Lancang Garam yaitu daya kirim (total permintaan dan total beban) sebesar 484,7 kW, 363,7 kVAR dan 606,1 kVA. Total rugi-rugi daya pada sistem adalah masing-masing sebesar 0.3 kW dan 0.4 kVAR dengan total *drop* tegangan sebesar 0.12%, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL 4. TOTAL DAYA

No	Total Daya	kW	kVAR	kVA	%
1.	Total Permintaan	484,7	363,7	606,1	
2.	Total Beban	484,7	363,7	606,1	
3.	Total Rugi-rugi Daya	0.3	0.4		
4.	Total Drop Tegangan				0.12

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu total daya permintaan dan beban

yang terdapat pada saluran distribusi 20 kV penyulang GH-06 PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam adalah masing-masing sebesar 484,7 kW, 363,7 kVAR, dan 606,1 kVA. Rugi-rugi daya pada saluran distribusi 20 kV penyulang GH-06 PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam adalah sebesar 0.3 kW dan 0.4 kVAR dengan persentase total drop tegangan sebesar 0.12%.

REFERENSI

- [1] J. I. Ervan Hasan Harun, Muh. Triyadi Adam, "Perbaikan Kualitas Tegangan Distribusi 20 kV di Gardu Hubung Lemito Melalui Studi Aliran Daya," vol. 2, no. 2, pp. 121–131, 2022.
- [2] A. S. Muliadi, Syukri, Teuku Murisal Asyadi, "Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo Distribusi Penyulang Mibo Rayon Merduati," vol. 2, pp. 7–12, 2022.
- [3] Fadil, Studi Aliran Daya Sistem Distribusi 20 kV Penyulang GH-06 Menggunakan Metode Fast-Decoupled Pada PT. PLN (Persero) Rayon Lancang Garam. 2022.
- [4] N. N. Fitrah, M. Syukri, A. Syukriyadin, and J. T. Elektro, "Analisis Aliran Daya Dengan Beban Tidak Seimbang Pada Penyulang Teubeng Gardu Hubung Sigli Kota Menggunakan Software Etap 16.0," J. Geuthee Eng. Energy, vol. 1, no. 1, pp. 12–20, 2022.
- [5] I. K. Okada, I. Arsyad, and Z. Abidin, "Penghematan Penggunaan Energi Listrik Menggunakan Metode Peak Clipping, Load Shifting dan Strategic Conservation Sektor Rumah Tangga di Kota Pontianak," J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2022.
- [6] A. M. Syamsyarief Baqaruzi, "Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Akibat Pengaruh Penggunaan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Primer 20 KV," vol. 1, no. 1, pp. 20–26, 2020.
- [7] R. M. U. Hendy Jadi Ate, Gabriel Sumampouw, Misbahul Munir, Heri Irawan, Muhammad Ali Dermawan, Moh. Haikal, "Perbandingan Hasil Iterasi Aliran Daya (Load Flow) Menggunakan Metode Newton Raphson dan Metode Fast-Decoupled Dengan Software ETAP," Electrician, vol. 16, no. 3, pp. 295–300, 2022, doi: 10.23960/elc.v16n3.2317.
- [8] F. Otniel, N. Busaeri, and S. Sutisna, "Analisa Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik Pada Bagian Penyulang 05Ee0101a Di Area Utilities Ii Pt. Pertamina (Persero) Refinery Unit Ivcilacap Menggunakan Metode Newton-Raphson," J. Energy Electr. Eng., vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2019, doi: 10.37058/jee.v1i1.1187.
- [9] S. S. Awaludin Muhammad, Hans Tumaliang, "Analisa Rugi-Rugi Energi Listrik Pada Jaringan Distribusi (JTM) Di PT. PLN (Persero) Area Gorontalo," vol. 7, no. 3, pp. 295–302, 2018.
- [10] S. R. A. R. Arnawan Hasibuan, Muzamir Isa, Mohd Irwan Yusoff, "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap," RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro, vol. 3, no. 1, pp. 37–45, 2020, doi: 10.30596/rele.v3i1.5236.
- [11] K. D. Nurmahandy, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Barata PT. Ngagel Surabaya," J. Tek. Elektro, vol. 10, no. 1, pp. 261–270, 2021.
- [12] A. Yusra, "Analisa Jatuh Tegangan dan Losses Pada Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Simpang Rima," vol. 2, pp. 1–6, 2022.