

## Analisis Penyaluran Daya Listrik Pada Jaringan Distribusi 20 Kv

Nazaruddin<sup>1</sup>, Mahalla<sup>2</sup>, Fauzi<sup>3</sup>, Subhan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

[nazaruddin@pnl.ac.id](mailto:nazaruddin@pnl.ac.id)

### ABSTRAK

Abstrak---Paper ini bertujuan untuk menganalisis penyaluran daya listrik untuk kebutuhan konsumen pada saat kondisi beban puncak, sehingga dapat diketahui kualitas sistem. Pertumbuhan beban dari waktu ke waktu terus meningkat, sehingga mengharuskan sistem tenaga listrik dapat melayani kebutuhan beban untuk menyalurkan daya listrik yang cukup dan sesuai dengan permintaan. Dalam penyaluran energi listrik dapat di analisis dengan melakukan studi aliran daya. Studi aliran daya merupakan suatu bagian dalam sistem tenaga listrik yang dilaksanakan untuk mendapatkan informasi yang berkenaan dengan aliran daya dan tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak (*steady state*). Informasi ini sangat berguna untuk mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga listrik dan menganalisa kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Proses komputasi aliran daya akan dikerjakan dengan menggunakan bahasa pemrograman Etap 12.6, yang akan diuji pada jaringan distribusi 20 KV sistem kelistrikan Banda Aceh yang terdiri dari 13 bus. Komputasi aliran daya mencapai konvergensi pada iterasi ke-3, dengan bus 1 (GI) dianggap sebagai bus referensi (*slack bus*) menyuplai daya untuk kebutuhan beban sebesar sebesar 44,234 MW untuk daya aktif sedangkan daya reaktif sebesar 35,479 MVAR. Total rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran sistem distribusi Banda Aceh adalah sebesar 614,1 KW dan 2764 KVAR atau sebesar 1,4 % dari total keseluruhan daya yang disalurkan. Drop tegangan terbesar terjadi pada saluran yang menghubungkan antara GH Krung Cut dengan GH Ulee Kareng yaitu sebesar 3,05 %.

Keyword---aliran daya, penyaluran daya, komputasi

### ABSTRACTS

Abstract---This paper aims to analyze the distribution of electrical power for consumer needs during peak load conditions, so that the quality of the system can be found. Load growth from time to time continues to increase, thus requiring the electric power system to be able to serve the load needs to deliver sufficient electrical power according to demand. The distribution of electrical energy can be analyzed by conducting a power flow study. The power flow study is a part of the electric power system which is carried out to obtain information regarding the power flow and system voltage under steady state operating conditions. This information is very useful for evaluating the performance of the electric power system and analyzing the conditions of generation and loading. The power flow computation process will be carried out using Etap 12.6 software, which will be tested on the Banda Aceh 20 KV distribution network, which consists of 13 buses. The power flow computation reaches convergence in the 3rd iteration, with bus 1 (GI) is considered a reference bus (*slack bus*) supplying power for a load of 44,234 MW for active power while reactive power is 35,479 MVAR. The total power losses that occur in the Banda Aceh distribution system channel are 614.1 KW and 2764 KVAR, or 1.4% of the total power distributed. The largest voltage drop occurs on the line connecting GH Krung Cut with GH Ulee Kareng, which is 3.05%

Keyword---power flow, power delivery, computing

### I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan beban dari waktu ke waktu terus meningkat, sehingga mengharuskan sistem tenaga listrik dapat melayani kebutuhan beban untuk menyalurkan daya listrik yang cukup dan sesuai dengan permintaan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu dilakukan suatu rencana pengembangan sistem yang baik, mengingat kebutuhan akan energi listrik langsung dimanfaatkan oleh konsumen, baik skala rendah atau skala menengah[1].

Penyaluran energy listrik di Indonesia dilakukan oleh pihak penyedia daya (PT. PLN) harus dapat menjamin stabilitas dan kontinuitas aliran tenaga listrik ke konsumen atau pelanggan dengan keandalan yang tinggi dan kualitas yang baik [2]. Keandalan sistem tersebut harus didukung dengan system perlindungan yang baik, demikian juga untuk pengamanan sistem penyaluran khususnya sistem distribusi dapat terlindungi dengan baik[3].

Penyaluran daya listrik dapat di analisis dengan melakukan perhitungan aliran daya. Studi aliran daya adalah

suatu studi yang dilaksanakan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya dan tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak. Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga listrik dan menganalisa kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Analisa ini memerlukan informasi aliran daya dalam kondisi normal maupun darurat [4] .

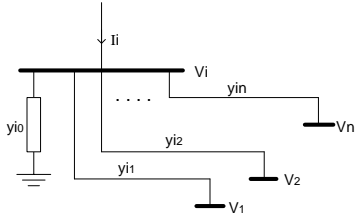
Masalah aliran daya mencakup perhitungan aliran daya dan tegangan sistem pada terminal tertentu. Representasi tunggal selalu dilakukan karena sistem dianggap seimbang [4].

Fokus penelitian ini adalah menganalisis penyaluran daya listrik ke pelanggan sehingga dapat diketahui kebutuhan daya pada saat terjadi beban puncak disamping itu kualitas dan keandalan sistem merupakan suatu prioritas yang perlu dipertimbangkan. Komputasi dilakukan dengan perangkat lunak ETAP 12.6, dengan objek penelitian adalah jaringan distribusi 20 KV sistem Banda Aceh.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Aliran daya

Dengan mempertimbangkan jenis bus dari jaringan sistem tenaga seperti pada Gambar 1 Saluran transmisi digambarkan dengan model  $\pi$  ekivalen yang mana impedansi telah diubah menjadi admitansi per unit pada base MVA [5][6]



Gambar 1. Model bus sistem tenaga

Aplikasi Hukum Kirchoff tentang arus diberikan dalam:

$$I_i = y_{i0} + y_{i1}(V_i - V_1) + y_{i2}(V_i - V_2) + \dots + y_{in}(V_i - V_n)$$

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j, \quad j \neq i \quad (1)$$

Daya aktif pada bus i adalah:

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \quad (2)$$

atau

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (3)$$

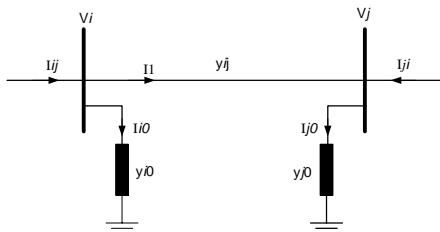
subtitusikan  $I_i$  ke persamaan (1)

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j, \quad j \neq i \quad (4)$$

Dari hubungan di atas formulasi perhitungan dari masalah aliran daya dalam sistem tenaga harus diselesaikan dengan teknik iterasi.

### B. Aliran daya dan losses pada saluran

Misalkan saluran dihubungkan dengan dengan dua bus i dan j seperti terlihat pada Gambar 2 berikut ini [7]



Gambar 2. Model saluran untuk menghitung aliran daya dan losses

Arus  $I_{ij}$  dihitung pada bus i yang ditandai positif:  $i \rightarrow j$  diberikan oleh:

$$I_{ij} = I_l + I_{i0} = y_{ij}(V_i - V_j) + y_{i0} V_i \quad (5)$$

Begitu juga aliran arus  $I_{ji}$  diukur pada bus j dan ditandai positif dalam petunjuk  $j \rightarrow i$  yang ditunjukkan oleh:

$$I_{ji} = -I_l + I_{j0} = y_{ij}(V_j - V_i) + y_{j0} V_j \quad (6)$$

Daya kompleks  $S_{ij}$  dari bus i sampai j dan  $S_{ji}$  dari bus j sampai i adalah:

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* \quad (7)$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* \quad (8)$$

Losses dalam saluran  $i - j$  merupakan penjumlahan aljabar dari pendekatan aliran daya dari persamaan (7) dan (8).

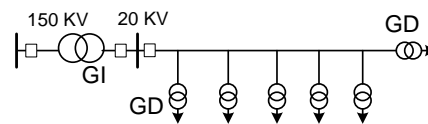
$$S_{Lij} = S_{ij} + S_{ji}$$

### C. Sistem distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen [8]. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

- Penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan)
- Merupakan sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Jaringan distribusi radial merupakan jaringan yang setiap saluran primernya hanya mampu menyalurkan daya dalam satu arah aliran daya [9], Gambar 3 menunjukkan jaringan distribusi type radial. Jaringan ini biasa dipakai untuk melayani daerah dengan tingkat kerapatan beban yang rendah. Keuntungannya ada pada kesederhanaan dari segi teknis dan biaya investasi yang rendah. Adapun kerugiannya apabila terjadi gangguan dekat dengan sumber, maka semua beban saluran tersebut akan ikut padam sampai gangguan tersebut dapat diatasi.



Gambar 3. Jaringan distribusi type radial

### D. Persamaan jatuh tegangan

Perhitungan jatuh tegangan pada jaring distribusi adalah selisih antara tegangan ujung kirim (*sending end*) dengan tegangan pada ujung terima (*receiving end*) [4][10].

$$\Delta V = |Vk| - |Vt|$$

Jatuh tegangan terjadi karena ada pengaruh dari tahanan dan reaktansi saluran, perbedaan sudut fasa antara arus dan tegangan serta besar arus beban, jatuh tegangan pada saluran bolak-balik tergantung pada impedansi, beban, dan jarak [11]. Dalam bentuk persamaan dapat ditulis:

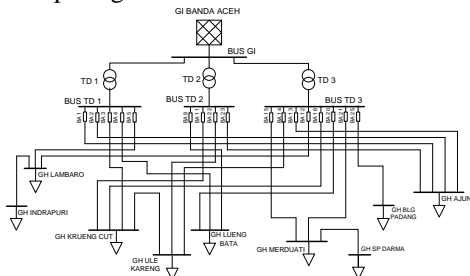
$$\Delta V = IZ \tag{9}$$

$$\Delta V = I(R \cos\phi + X \sin\phi) \tag{10}$$

$$\Delta V = |V_k| - |V_t| \tag{11}$$

**E. Objek Penelitian**

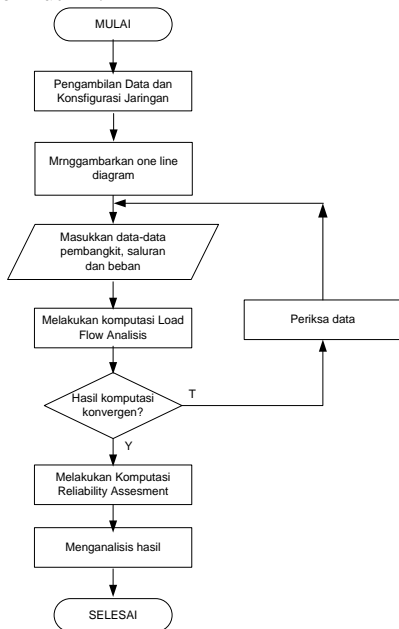
Objek penelitian dalam tulisan adalah jaringan distribusi 20 KV sistem Banda Aceh, konfigurasi jaringan seperti ditunjukkan pada gambar 4:



Gambar 4. Konfigurasi jaringan diatribusi 20 KV sistem Banda Aceh

**F. Metode pengolahan data**

Pengolahan data dilakukan dengan melakukan komputasi dengan program Etap, adapun langkah-langkah penelitian ini dapat dibuat dalam bentuk diagram alir seperti terlihat pada Gambar 5 berikut ini:



Gambar 5. Diagram alir penelitian

**III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

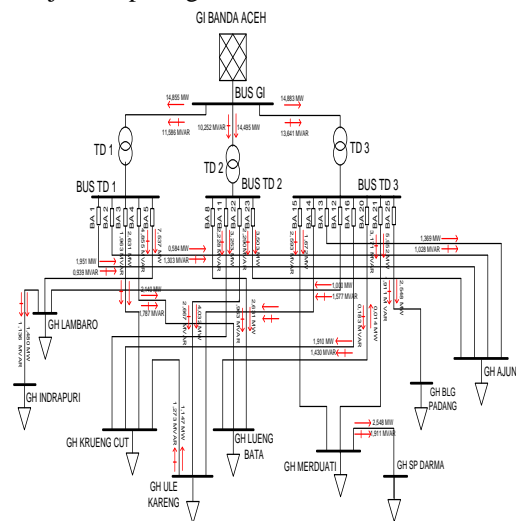
Pengujian sistem yang dilakukan pada jaringan distribusi 20 KV sistem kelistrikan Banda Aceh yang terdiri dari 13 bus, kemudian dilakukan komputasi aliran daya (power flow) dengan software Etap, dengan data yang dimasukkan merupakan data pada saat kondisi beban puncak.

Hasil komputasi aliran daya menunjukkan gambaran sistem yang merupakan proses penyaluran daya pada saluran penghubung antar bus. Komputasi aliran daya mempunyai konvergensi pada iterasi ke-3. Besarnya daya yang disalurkan pada jaringan distribusi 20 KV sistem Banda Aceh dari bus referensi (bulk power) untuk memenuhi kebutuhan beban adalah sebesar 44,234 MW untuk daya aktif sedangkan daya reaktif sebesar 35,479 MVAR dengan rugi-rugi daya total sebesar 614,1 KW dan 2764 KVAR. Adapun daya pada masing-masing bus seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Table. 1 Aliran daya dan rugi-rugi daya jaringan distribusi sistem Banda Aceh

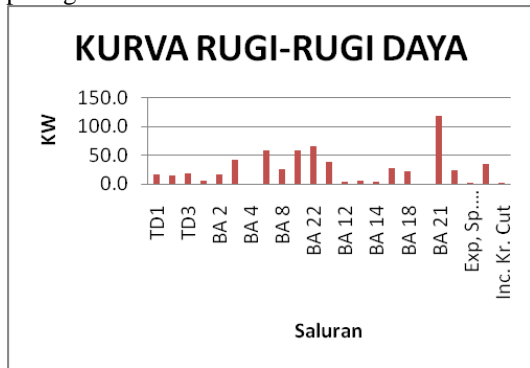
ID	Aliran daya		Losses	
	MW	MVAR	KW	KVAR
TD1	14.855	11.586	16.4	739.2
TD2	14.495	10.252	14.6	656.6
TD3	14.883	13.641	18.9	848.9
BA1	0.584	1.303	5.0	11.7
BA 2	1.951	0.939	17.3	8.7
BA 3	2.631	1.963	42.3	32.9
BA 4	2.140	1.787	10,1	7.8
BA 5	7.533	4.855	57,7	44.8
BA 8	3.713	2.411	25,9	20.1
BA 11	3.233	2.228	59,4	46.1
BA 22	4.032	2.667	65,0	50.4
BA 23	3.503	2.290	38,9	30.2
BA 12	1.000	1.577	2,8	6.5
BA 13	1.369	1.028	6,2	4.8
BA 14	0.427	0.898	3,8	9.0
BA 15	1.672	2.593	26,8	62.9
BA 18	1.910	1.430	22,6	17.5
BA 20	-0.014	0.183	0,0	0.0
BA 21	5.952	3.171	118,1	91.6
BA 25	2.548	1.911	23,2	18.0
Exp. Sp. Darma	1.757	1.318	2,3	1.7
Exp. Indrapuri	1.480	1.136	34,2	52.2
Inc. Kr. Cut	1.147	1.073	2,7	2.1

Hasil dari tabel 1 dapat digambarkan peta aliran daya untuk jaringan distribusi Sistem Banda Aceh seperti ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Peta aliran daya sistem Banda Aceh

Besarnya rugi-rugi daya (*losses*) yang terjadi pada saluran yang menghubungkan antara satu bus dengan bus yang lain dari tabel 1 dapat dinyatakan dalam bentuk kurva seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Kurva rugi-rugi daya

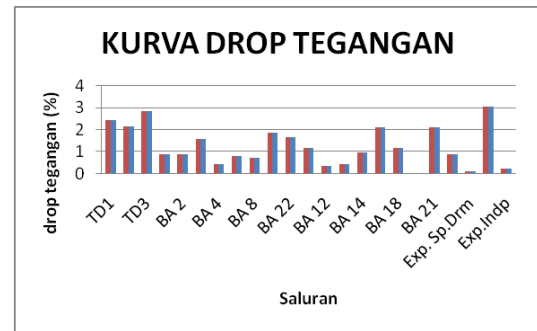
Gambar 7 menggambarkan karakteristik rugi-rugi daya (*losses*) pada masing-masing saluran penghubung antar gardu hubung (GH) pada jaringan distribusi sistem Banda Aceh, dengan rugi-rugi daya terbesar saluran BA-21 yang menghubungkan TD-3 dengan GH merduati yaitu sebesar 118.1 KW, sedangkan rugi-rugi daya terkecil terjadi pada saluran BA-20 yang menghubungkan antara bus TD-3 ke GH Lueng Bata yaitu sebesar 0,01 KW.

Hasil komputasi berupa profile tegangan setiap bus dan drop tegangan pada masing-masing bus dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel. 2 Drop tegangan masing-masing bus sistem Banda Aceh

No	ID	Tegangan Nominal (KV)	Drop Tegangan (%)
1	TD1	20	2,43
2	TD2	20	2,16
3	TD3	20	2,86
4	BA1	20	0,87
5	BA 2	20	0,87
6	BA 3	20	1,59
7	BA 4	20	0,45
8	BA 5	20	0,790
9	BA 8	20	0,72
10	BA 11	20	1,870
11	BA 22	20	1,660
12	BA 23	20	1,15
13	BA 12	20	0,36
14	BA 13	20	0,44
15	BA 14	20	0,95
16	BA 15	20	2,120
17	BA 18	20	1,16
18	BA 20	20	0,02
19	BA 21	20	2,12
20	BA 25	20	0,89
21	Exp,Sp,Darma	20	0,12
22	Inc. Kr. Cut	20	3,05
23	Exp. Indrapuri	20	0,21

Tabel 2 menunjukkan tegangan nominal setiap bus dan besar drop tegangan masing-masing saluran. Drop tegangan terbesar terjadi pada saluran yang menghubungkan antara GH Krung Cut dengan GH Ulee Kareng yaitu sebesar 3,05 % sedangkan drop tegangan terkecil terjadi pada saluran BA-20 yang menghubungkan antara TD-3 dengan GH Lueng Bata yaitu sebesar 0,02 %. Berikut ini hasil dari tabel 2 dapat dibuat dalam bentuk grafik, pada Gambar 8.



Gambar 8 Kurva drop tegangan pada sistem Banda Aceh

#### IV. KESIMPULAN

1. Hasil komputasi aliran daya menunjukkan bahwa besarnya daya yang disalurkan pada jaringan distribusi 20 KV sistem Banda Aceh dari bus referensi (*bulk power*) untuk memenuhi kebutuhan beban adalah sebesar 44,234 MW untuk daya aktif sedangkan daya reaktif sebesar 35,479 MVAR
2. Total rugi-rugi daya akibat permintaan beban adalah sebesar 614,1 KW dan 2764 KVAR atau sebesar 1,4 % dari total keseluruhan daya yang disalurkan.
3. Drop tegangan terbesar terjadi pada saluran yang menghubungkan antara GH Krung Cut dengan GH Ulee Kareng yaitu sebesar 3,05 %

#### REFERENSI

- [1] Hasanah, A. W., Makkulau, A., dan Fadhilah, Z. F., 2015, "Perencanaan Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik Di Pulau Jawa", Jurnal Sutet, Vol. 5 No.1, pp. 8-13.
- [2] Effendi, A., Dewi, A.Y., dan Crismas, E., 2017, "Analisa Drop Tegangan PT PLN (Persero) Rayon Lubuk Sikaping Setelah Penambahan PLTM Guntung", Jurnal Teknik Elektri ITP, Vol. 6, No. 2, pp. 199-203
- [3] Setijasa, H., 2013, "Proses dan Penyaluran Tenaga Listrik oleh PT. PLN (Persero)", Jurnal Orbit, Vol. 9, No. 1, pp. 19-27
- [4] Nazaruddin. 2010. *Simulasi Load Flow pada Jaringan Distribusi 20 KV Sistem Kelistrikan Lhokseumawe*. Prosiding Pekan Ilmiah, UISU, Medan

- [5] Nazaruddin. 2006. *Analisis Aliran Daya Tak Seimbang pada Sistem Tenaga Listrik Berdasarkan Komponen Simetris* Tesis S2, Teknik Elektro UGM, Yogyakarta
- [6] Saadat. H., 1999, *Power System Analysis*, McGraw-Hill, New York
- [7] Nazaruddin, 2013, *Analysis of Power Losses in 20 KV Distribution Line*, JERE-UMAP, Vol. 7, pp. 13-24
- [8] Erhanelli dan Riski, A., 2013, “*Pengaruh Penambahan Jaringan Terhadap Drop Tegangan pada SUTM 20 KV Feeder Kersik Tuo Rayon Kersik Tuo Kabupaten Kerinci*”, Jurnal Momentum, Vol. 15 No.2, pp. 19-23.
- [9] R. Neverdi, D., 2012, “*Analisis Aliran pada Sistem Daistribusi 20 KV PT. PLN (Persero) Ranting Rasau Jaya*”, Jurnal Elkha, Vol. 4 No.2, pp. 53-59.
- [10] Sudiro. R.A., Patras, L. S., dan Mangindaan, G. M. Ch., 2017, “ *Analisa Rugi-rugi Daya pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Kotamobagu dan Perbaikan*”, E- Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, Vol. 6, No. 2, pp. 1-8
- [11] Suprianto, 2018, “ *Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 KV PT. PLN Are Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu*”, Journal of Electrical Technology, Vol. 3, No. 2, pp. 64-72