

Analisis Kebutuhan Daya pada Jaringan Distribusi 20 KV Sistem Radial

Nazaruddin¹, Mahalla², Maimun³, Raisah Hayati⁴
^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
 Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA
 nazaruddin@pnl.ac.id

Abstrak— Paper ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan daya pada tarafa distribusi untuk memenuhi kebutuhan konsumen konsumen pada saat kondisi beban puncak. 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. Penyaluran daya pada jaringan distribusi merupakan salah satu faktor penting, sehingga dapat menjamin stabilitas dan kontinuitas aliran tenaga listrik ke konsumen atau pelanggan dengan keandalan dan kualitas yang baik. Penyaluran daya dari sumber sampai ke beban dapat di analisis dengan melakukan studi aliran daya. Dengan studi aliran daya dapat diketahui informasi yang berkenaan 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 GH Lhoksukon penyulang LK 07 yang terdiri dari 23 bus. Hasil komputasi aliran daya menunjukkan bahwa untuk kebutuhan beban daya yang disuplai sebesar sebesar 546,956 KW dan 418,968 KVAR. Total rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran distribusi GH Lhoksukon penyulang LK 07 yaitu sebesar 2,5 KW dan 3,85 KVAR. Drop tegangan terbesar terjadi pada kabel 18 sebesar 5,2%, kabel 21 sebesar 5% dan kabel 23 sebesar 5,15%.

Kata kunci— beban, daya, distrinbusi, jaringan, penyaluran,

Abstract— This paper aims to analyze the power requirements at the distribution level to meet the needs of consumers during peak load conditions. The load growth continues to increase each time, thus requiring the electric power system to be able to serve the needs of the load to deliver sufficient electrical power and in accordance with demand. Power delivery on the distribution network is one of the important factors, so as to ensure the stability and continuity of the flow of electric power to consumers or customers with good reliability and quality. The distribution of power from source to load can be analyzed by conducting a power flow study. With a power flow study, information regarding the power flow and voltage of the system can be obtained under steady state operating conditions. This information is very useful for evaluating power system performance and analyzing generation and loading conditions. The power flow computing process will be carried out using the Etap 12.6 programming language, which will be tested on a distribution network of 20 KV GH Lhoksukon feeder LK 07 which consists of 23 buses. The results of the power flow computation show that for the power load requirements supplied are 546.956 KW and 418.968 KVAR. The total power losses that occur in the distribution line of the GH Lhoksukon feeder LK 07 are 2.5 KW and 3.85 KVAR. The largest voltage drop occurs in cable 18 by 5.2%, cable 21 by 5% and cable 23 by 5.15%.

Keywords— load, power, distribution, network, delivery

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan beban pada jaringan distribusi dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan, sehingga mengharuskan pihak penyedia energi listrik dapat memenuhi kebutuhan beban seperti yang diinginkan dan sesuai dengan permintaan. Kebutuhan beban dapat terpenuhi apabila ada suatu perencanaan pengembangan sistem yang baik, disamping itu kebutuhan akan pemkaian energi listrik secara langsung dilakukan oleh konsumen[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 kaulalitas yang baik [2]. Keandalan sistem tersebut harus didukung dengan sistem 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 perthitungan 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].

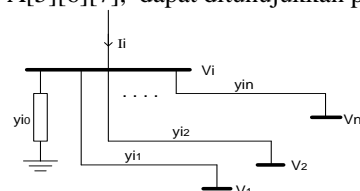
Masalah aliran daya mencakup perhitungan aliran daya dan tegangan sistem pada terminal tertentu. Representasi tunggal selalu dilakukan karena sistem dianggap seimbang [4].

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 radial penyulang LK 07 GH Lhoksukon.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Aliran Daya

Suatu siatem tenaga yang digambarkan dalam bentuk saluran transmisi konsfigurasi model π ekuivalen dengan impedansi diubah menjadi admitansi dalam satuan per unit pada base MVA[5][6][7], dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Model bus sistem tenaga

Dengan menerapkan aplikasi Hukum Kirchoff I:

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

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

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)

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

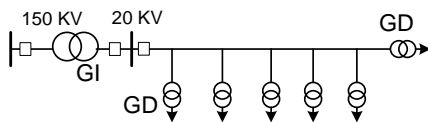
Dari hubungan di atas formulasi perhitungan dari masalah aliran daya dalam sistem tenaga harus diselesaikan dengan teknik iterasi.

B. 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:

- a. Penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan)
- b. 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 2. Jaringan distribusi type radial

C. Persamaan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya

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

$$\Delta V = |V_k| - |V_t|$$

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:

$$\Delta V = IZ \quad (5)$$

$$\Delta V = I(R \cos\phi + X \sin\phi) \quad (6)$$

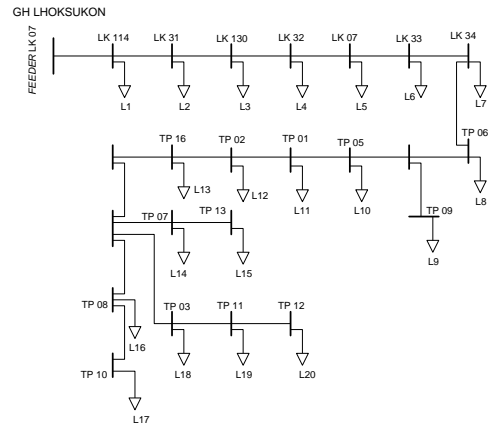
$$\Delta V = |V_k| - |V_t| \quad (7)$$

Rugi-rugi daya merupakan susut daya yang terjadi pada saluran akibat dialiri arus. Besarnya rugi-rugi daya dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$rugi - rugi = I^2 R \quad (8)$$

D. Objek Penelitian

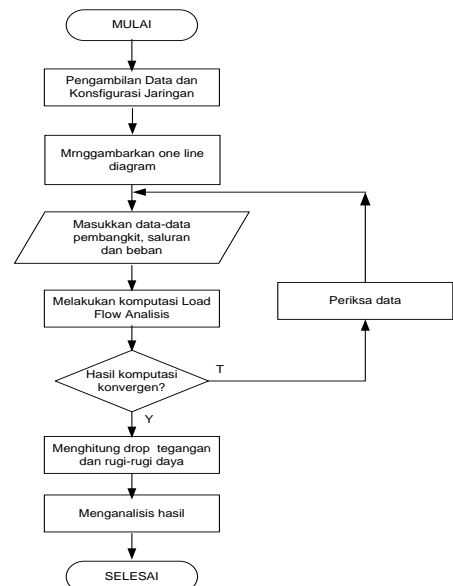
Suatu saluran distribus sistem radia dijadikan sebagai objek penelitian yaitu jaringan distribusi 20 KV GH Lhoksukan penyulang LK 07 sistem kelistrikan Lhokseumawe dengan konfigurasi jaringan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Konfigurasi jaringan diatribusi 20 KV sistem system radial penyulang LK 07 GH Lhoksukon

E. Metode Pengolahan Data

Metode yang dilakukan untuk pengolahan data adalah melakukan simulasi dengan software ETAP 12.0 untuk menghitung kebutuhan daya masing-masing trafo distribusi pada GH Lhoksukon penyulang LK 07. Adapun diagram alir penelitian dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan hasil penelitian diuji pada jaringan distribusi 20 KV sistem radial GH Lhoksukon penyulang LK 07 yang terdiri dari 23 bus dengan asumsi bahwa bus GH Lhoksukon diambil sebagai bus referensi (*slack bus*), kemudian dilakukan simulasi dengan *software* Etap dengan menjalankan *Load Flow Analysis (LFA)*. Kebutuhan daya pada masing-masing trafo dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kebutuhan daya pada trafo. distribusi sistem radial penyulang LK 07

No.	Nomor trafo	Type	Load		
			Bus	KVA	KW
1	LK 114	Slack Bus	13,54	11,51	8,12
2	LK 31	PQ bus	82,96	70,52	49,78
3	LK130	PQ bus	32,77	27,85	19,66
4	LK 32	PQ bus	72,70	61,80	43,62
5	LK 87	PQ bus	2,60	2,21	1,56
6	LK 35	PQ bus	16,73	14,22	10,04
7	LK 34	PQ bus	55,56	47,23	33,34
8	TP 06	PQ bus	42,94	36,50	25,76
9	TP 09	PQ bus	15,28	12,99	9,17
10	TP 05	PQ bus	47,18	40,10	28,31
11	TP 01	PQ bus	27,89	23,71	16,73
12	TP 02	PQ bus	41,16	34,99	24,70
13	TP 16	PQ bus	13,35	11,35	8,01
14	TP 03	PQ bus	32,90	27,97	19,74
15	TP 11	PQ bus	35,97	30,57	21,58
16	TP12	PQ bus	15,98	13,58	9,59
17	TP 07	PQ bus	31,84	27,06	19,10
18	TP 13	PQ bus	51,28	43,59	30,77
19	TP 08	PQ bus	15,53	13,20	9,32
20	TP 10	PQ bus	17,64	14,99	10,58

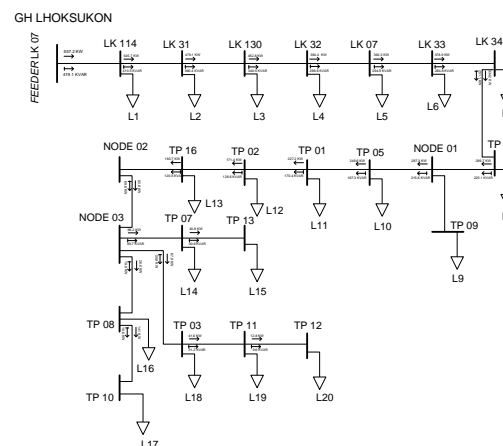
Hasil perhitungan aliran daya dapat ditunjukkan pada Tabel 2 yang merupakan gambaran sistem proses penyaluran daya pada saluran penghubung antar bus. Komputasi aliran daya mempunyai konvergensi pada iterasi ke-3. Besarnya daya yang disalurkan pada jaringan distribusi 20 KV penyulang LK 07 dari bus referensi (*bulk power*) untuk memenuhi kebutuhan beban adalah 546,956 KW dan 418,968 KVAR dengan rugi-rugi daya total sebesar 3,5 KW dan 3,85 KVAR.

Table. 2 Aliran daya dan rugi-rugi daya jaringan distribusi penyulanga LK 07

Bus		Line Flow	
dari	ke	KW	KVAR
GH	LK 114	546,9	418,9
LK 114	LK 31	530,0	399,0
LK 31	LK 130	464,0	349,0
LK 130	LK 32	438,0	329,0
LK 32	LK 07	379,0	285,0
LK 07	LK 33	377,0	283,0
LK 33	LK 34	364,0	273,0
LK 34	TP 06	319,0	240,0
TP 06	NODE 1	284,0	214,0

NODE 1	TP 09	12,0	9,0
NODE 1	TP 05	272,0	204,0
TP 05	TP 01	234,0	176,0
TP 01	TP 02	212,0	159,0
TP 02	TP 16	179,0	134,0
TP 16	NODE 2	160,0	120,0
NODE 2	TP 03	68,0	51,0
TP 03	TP 11	41,0	31,0
TP 11	TP 12	13,0	10,0
NODE 2	NODE 3	93,0	70,0
NODE 3	TP 07	66,0	50,0
TP 07	TP 13	41,0	31,0
NODE 3	TP 08	26,0	20,0
TP 08	TP 10	14,0	11,0

Hasil dari Tabel 2 dapat digambarkan peta aliran daya untuk jaringan distribusi penyulang LK 07 seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta aliran daya sistem Banda Aceh

Besarnya drop tegangan dan rugi-rugi daya (*losses*) yang terjadi pada saluran yang menghubungkan antara satu bus dengan bus yang lain dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Table. 3 Drop tegangan dan rugi-rugi daya jaringan distribusi penyulanga LK 07

ID	Dari Bus	Ke Bus	Drop Tegangan (%)	Rugi-rugi	
				P (KW)	Q (KVAR)
Kabel 1	GH	LK 114	0,11	0,60	0,40
Kabel 2	LK 31	LK 114	0,16	0,20	0,30
Kabel 3	LK 130	LK 31	0,21	0,15	0,20
Kabel 4	LK 32	LK 130	0,17	0,20	0,30
Kabel 5	LK 07	LK 32	0,29	0,15	0,15
Kabel 6	LK 33	LK 07	0,34	0,15	0,20
Kabel 7	LK 34	LK 33	0,43	0,20	0,30
Kabel 8	TP 06	LK 34	0,7	0,20	0,30
Kabel 9	TP 06	NODE 1	0,31	0,15	0,20
Kabel 10	NODE 1	TP 09	0,59	0,10	0,10
Kabel 11	NODE 1	TP 05	0,61	0,10	0,10
Kabel 12	TP 05	TP 01	0,65	0,15	0,15
Kabel 13	TP 01	TP 02	0,69	0,15	0,15
Kabel 14	TP 02	TP 16	0,70	0,10	0,10
Kabel 15	TP 16	NODE 2	0,52	0,10	0,10

Kabel 16	NODE 2	TP 03	0,72	0,10	0,10
Kabel 17	TP 03	TP 11	0,73	0,10	0,10
Kabel 18	TP 11	TP 12	5,20	0,10	0,10
Kabel 19	NODE 3	NODE 2	0,43	0,10	0,10
Kabel 20	TP 08	NODE 3	0,53	0,10	0,10
Kabel 21	TP 10	TP 08	5,00	0,10	0,10
Kabel 22	NODE 3	TP 07	0,72	0,10	0,10
Kabel 23	TP 07	TP 13	5,15	0,10	0,10
			3,50	3,85	

Tabel 3 menunjukkan besarnya drop tegangan dan rugi-rugi daya (*losses*) pada masing-masing saluran penghubung antar gardu distribusi (GD) pada jaringan distribusi GH Lhoksukon penyulang LK 07, dengan rugi-rugi daya terbesar kabel 1 yang menghubungkan antara bus GH dengan bus LK 114.

Hasil komputasi berupa drop tegangan setiap penghantar seperti yang ditunjukkan pada tabel 3, dengan drop tegangan terbesar terjadi pada penghantar kabel 18 sebesar 5,2%, kabel 21 sebesar 5% dan kabel 23 sebesar 5,15%.

IV. KESIMPULAN

1. Hasil komputasi aliran daya menunjukkan bahwa besarnya daya yang disalurkan untuk memenuhi kebutuhan beban pada jaringan distribusi 20 KV GH Lhoksukon penyulang LK 07 sebesar 546,956 KW dan 418,968 KVAR
2. Total rugi-rugi daya akibat permintaan beban adalah sebesar 3,5 KW dan 3,85 KVAR.

3. Drop tegangan terbesar terjadi pada kabel 18 sebesar 5,2%, kabel 21 sebesar 5% dan kabel 23 sebesar 5,15%.

REFERENSI

- [1] Siburian, J. M. dkk., 2020, “Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20 KV dengan Metode Thermovisi Jaringan PT. PLN (Persero) ULP Medan Baru”, Jurnal Teknologi Uda, Vol. 9 No.1, pp. 8-19.
- [2] Sodah , S., 2008, “Evaluasi Kenadalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI”, Semnas Aplikasi Sain dan Tehnologi IST AKPRIND, Yogyakarta
- [3] Nazaruddin, 2013, “Simulasi Load Flow Untuk Perhitungan Drop Tegangan pada Jaringan Distribusi 20 KV Sistem Banda Aceh”, Penelitian P2M, PNL, Lhokseumawe
- [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