

Analisa Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik menggunakan ETAP 12.6

Umar Faruq^{1✉}, Akmal Ridho², Maurisio Vrayulis³, Ezra Julio⁴

¹²³⁴Teknik Elektro Universitas Mulawarman, Samarinda Kalimantan Timur

Email: umarfaruq802@gmail.com[✉]

Submitted : 11 Juni 2021, Accepted: 28 Nopember 2021

DOI: 10.31849/sainetin.v6i1.7031

Abstrak

Analisa aliran beban pada Sistem Tenaga Listrik sangatlah diperlukan dengan tujuan yaitu untuk memperbaiki dan mengoptimalkan sistem. Analisa ini dapat dilakukan dengan berbagai tahapan baik dengan Manual maupun dengan aplikasi komputer. Etap adalah salah satu aplikasi yang dapat menjadi alat bantu untuk dilakukan Analisa tersebut. Pemodelan Sistem tenaga listrik dengan ETAP Power Station 12.6 diawali dengan menganalisa keadaan sistem dan kemudian dilanjutkan dengan Analisa dan Tindakan perbaikan keadaan sistem. Keunggulan simulasi dengan ETAP Power Station 12.6 adalah dapat menggunakan beban 100%. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan ETAP Power Station 12.6 sebagai media Simulasi dengan Sistem Tenaga Listrik yang memiliki 20 Bus. Pada penelitian ini menggunakan Sumber Listrik berupa Power Grid atau Gardu induk dengan total kapasitas 100 MVA. Data yang digunakan untuk dilakukannya Analisa adalah menggunakan Diagram Satu Garis, Data Saluran dan Data Beban. Berdasarkan data tersebut maka dilakukanlah penelitian menggunakan ETAP Power Station 12.6 untuk studi aliran daya.

Kata Kunci : *Aliran Daya, Sistem Tenaga Listrik, ETAP*

Abstract

Analysis of load flow in the Electric Power System is needed with the aim of improving and optimizing the system. This analysis can be carried out in various stages, either manually or with computer applications. Etap is one application that can be a tool for the analysis. Modeling the electric power system with ETAP Power Station 12.6 begins with analyzing the state of the system and then proceeds with Analysis and Actions to improve the state of the system. The advantage of simulation with ETAP Power Station 12.6 is that it can use 100% load. This research was conducted by utilizing ETAP Power Station 12.6 as a simulation medium with an electric power system that has 20 buses. In this study using a power source in the form of a power grid or substation with a total capacity of 100 MVA. The data used for the analysis is using One Line Diagram, Channel Data and Load Data. Based on these data, a research was conducted using ETAP Power Station 12.6 for the study of power flow.

Keywords: Generator, Excitation, Matlab

1. PENDAHULUAN

Pada Sistem Tenaga Listrik selalu memiliki kecenderungan yaitu terjadinya pembentukan sistem Interkoneksi antara satu pusat pembangkit dengan Pembangkit lainnya dengan tujuan agar sistem memiliki tingkat keandalan yang mumpuni serta distribusi listrik yang layak [1]. Mempelajari proses terjadinya Aliran daya pada suatu Sistem Tenaga Listrik adalah kegiatan memahami serta menentukan

tegangan, arus, daya aktif dan reaktif pada Sistem tenaga Listrik yang nantinya indikator analisis tersebut akan menjadi acuan dengan melihat prosesnya guna menjaga pengoperasian jaringan listrik selalu dalam keadaan baik dan stabil hingga waktu yang lama.

Pada dasarnya setiap Sistem Tenaga Listrik memiliki modul atau dikenal dengan sebutan BUS yang didalamnya terdapat proses terjadinya Aliran daya yang terdiri dari Sudut serta magnitude beda potensial, aliran daya aktif

dan reaktif, kondisi serta segala hal yang diperlukan untuk kestabilan proses berjalannya Sistem Tenaga Listrik tersebut, yang mana berdasarkan tujuan tersebut terdapat 3 macam Bus yaitu Generator Bus, Beban Bus, dan Penghubung Bus [2]–[4].

Tabel 1. Klasifikasi Bus pada Sistem Tenaga

Tipe Bus	Besaran yang diketahui	Besaran yang tidak diketahui
Generator	P, [V]	Q, ϕ
Referensi	[V]=1,0; $\phi=0$	P, Q
Beban	P, Q	[V], ϕ

Bus Generator adalah bus yang memiliki pengaturan daya reaktif yang dapat dikontrol agar tegangannya pasti. Bus ini juga dinamakan sebagai PV Bus karena terdiri dari parameter berupa Daya (P) dan Tegangan (V)

Bus Referensi adalah Bus yang menjadi penghubung untuk memberikan suplai ketika terjadi kebutuhan Daya Aktif(P) dan daya Reaktif (Q) didalam Sistem Tenaga Listrik. Bus ini memiliki Parameter berupa Tegangan (V) dan Sudut Fasa (δ). Pada suatu Sistem Tenaga Listrik hanya terdapat 1 Bus Referensi sebagai Tempat Pembangkit atau Generator dengan kapasitas terbesar didalam Sistem Tenaga Listrik.

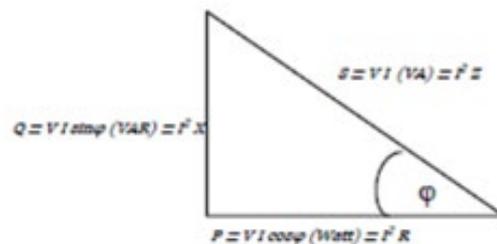
Bus Beban adalah Bus yang memiliki hubungan dengan Tahap akhir dari suatu Sistem Tenaga Listrik yaitu Beban. Bus Beban memiliki Parameter yaitu Daya Aktif (P) dan Daya Reaktif (Q) sehingga Bus ini juga dapat disebut sebagai PQ Bus.

2. Dasar Teori

Sistem Distribusi Listrik Primer adalah Jaringan Sistem Tenaga Listrik yang dikelompokkan sebagai jaringan tegangan menengah yaitu sebesar 20 kV jaringan ini pada dasarnya dipergunakan untuk menyalurkan listrik dari pusat pembangkitan atau bisa disebut sebagai Gardu Induk listrik menuju ke Pusat Beban dengan berupa melalui Saluran Udara maupun Tanah. Jaringan ini memiliki beberapa macam model yaitu Jaringan Radial, Jaringan Hantaran Penghubung, Jaringan Spindel dan Jaringan Loop [5]–[7].

Daya adalah Asas terjadinya energi listrik yang dengannya dapat memungkinkan muncul Tenaga listrik yang dapat dipergunakan dengan Watt sebagai satuannya. Dalam Sistem Tenaga Listrik dua arah (bolak balik atau *Alternating Current* = AC), Daya menggunakan Konsep

Segitiga Daya dalam pengaplikasiannya. Disebabkan dalam Sistem AC tentu memiliki beberapa hal yang dapat menyebabkan tidak sesuai jumlah Daya awal. Segitiga daya terdiri atas Daya Aktif (P), Daya Reaktif (Q) dan Daya semu (S) yang menjadi Jumlah Daya pasti dalam Rangkaian AC, sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



Gambar.1 Segitiga Daya dan Rumusnya.

Studi Aliran Daya Listrik adalah pembelajaran dalam rangka mendapatkan informasi mengenai Analisa Load Flow atau Aliran Daya pada kondisi saat operasi sistem, Tujuan dilakukannya Studi ini adalah untuk mengetahui dan mendapatkan operasi sistem yang baik dan terevaluasi sesuai dengan kondisi pembangkitan dan pembebanannya. Studi ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode Manual maupun menggunakan bantuan aplikasi yang pada dasarnya Studi ini tetap menggunakan Faktor Utama yaitu Tegangan Bus, Faktor daya, Arus dan Aliran Daya dari pembangkitan ke pembebanan pada sistem tenaga listrik yang dianalisa.

Kualitas Daya, sesuai dengan Istilahnya yaitu sesuatu yang berkaitan tentang keandalan dalam sistem tenaga listrik, yaitu energi listrik dengan kualitas yang baik dan memenuhi kualitas yang memenuhi standar minimum dalam sistem tenaga listrik [8]–[10]. Pada dasarnya kualitas daya adalah sesuatu yang menjadi primadona dalam proses terjadinya operasi sistem tenaga listrik yang mana dengan adanya kualitas daya listrik yang baik dan memenuhi kualitas yang memenuhi standar dalam sistem tenaga listrik dapat memberikan efektifitas dan efisiensi yang signifikan baik terutama dala aspek keekonomisan penggunaan daya listrik tersebut.

Konsep perhitungan *Load Flow* atau aliran daya dalam dilakukannya studi atau analisa aliran listrik adalah menghitung faktor faktor dasar pada sistem tenaga listrik seperti, besar beda potensial dan sudut fasa tegangan δ . Perhitungan Aliran Daya juga menjadi salah satu proses dilakukannya perhitungan terhadap

besarnya Daya Aktif (P) dan Daya Reaktif (Q) didalam setiap bagian terutama yang menjadi komponen utama dalam sistem pendistribuan daya listrik dalam sistem tenaga listrik, tak lupa juga berdasarkan dilakukannya perhitungan daya Aktif (P) dan Daya Reaktif (Q) juga dapat dilakukan Analisa terhadap Jatuh tegangan dan Rugi Rugi daya pada sistem baik pembangkitan maupun Beban.

Aliran Daya Menggunakan ETAP

Studi dan Analisa *Load Flow* atau Aliran Daya disini menggunakan metode yang dapat dikatakan langsung atau otomatis karena menggunakan aplikasi yaitu aplikasi ETAP PowerStation 12.6 [11]–[14]. Pada Analisa yang akan dilakukan nantinya akan dilakukan perhitungan terhadap Tegangan Jalur, Faktor daya dan Arus serta yang paling utama yaitu perhitungan dan mengetahui proses aliran daya pada sistem tenaga listrik tersebut. Aplikasi ini dapat diatur menggunakan Sumber Daya berayun atau Swing, Tegangan pada banyak Sumber dan Beban.

2. METODE PENELITIAN.

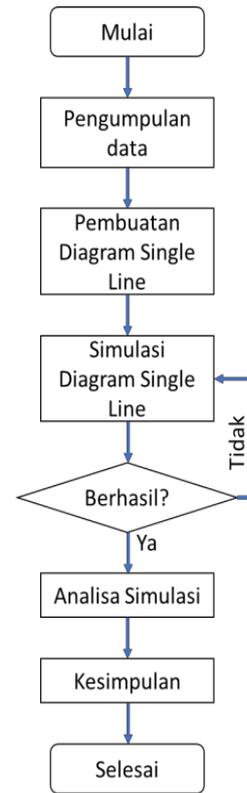
Studi Aliran daya ini dilakukan dengan Model Sistem Tenaga Listrik 20 Bus dengan melampirkan Diagram Alur satu garis, Data Pembangkit, Data Beban, Saluran Kabel, Data Bus, Data Transformator serta beberapa Komponen pendukung lainnya.

Dalam proses dilakukannya studi aliran daya akan diawali dengan melakukan pengambilan data, membuat Diagram satu garis pada ETAP Powerstation 12.6 lalu kemudian dilakukan Analisa dalam berbagai aspek yang diinginkan.

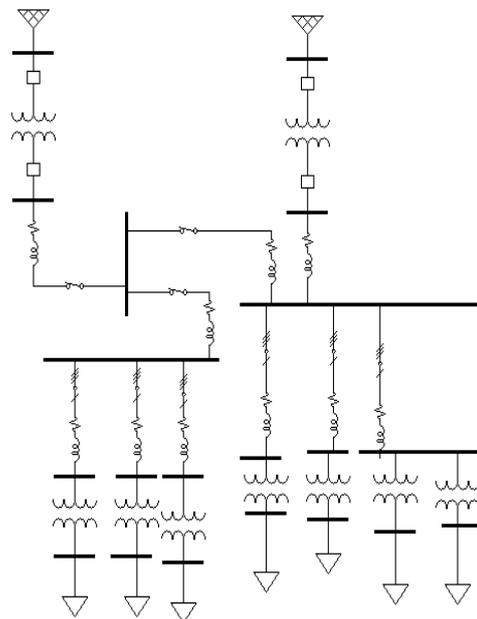
Penelitian dalam Studi Aliran Daya dengan menggunakan Sistem Tenaga Listrik 20 Bus menggunakan beberapa tahapan Rancangan Penelitian sebagaimana terlihat pada Gambar 2.

Pengumpulan Data

Data yang dihimpun atau dikumpulkan adalah data yang menyangkut komponen komponen di dalam *single line diagram* sebagaimana terlihat pada Gambar 3. Sementara Data Pembangkit, Transformator, Saluran Transmisi, dan Beban dapat dilihat pada Tabel 2 sampai Tabel 5.



Gambar.2 Flowchart penelitian.



Gambar.3 Single Line Diagram 20 Bus

Tabel 2. Data Sistem yang diteliti

Sumber	Daya Output (kW)	Daya Kompleks (kVA)	Daya Reaktif (kVAr)
Power Grid 1	144	150	102
Power Grid 2	54	150	26

Tabel 3. Data Transformator Step Down

Nama	Kapasitas	Input	Output	Impedansi	
	MVA	kV	kV	%Z	X/R
T1	50	150	20	9,5	29,5
T2	40	150	20	20	27,3
T3	30	11,547	0,24	2,4	1,54
T4	30	11,547	0,24	2,4	1,54
T5	30	11,547	0,24	2,4	1,54
T6	20	11,547	0,24	2,3	1
T7	20	11,547	0,24	2,3	1
T8	20	11,547	0,24	2,3	1
T9	20	11,547	0,24	2,3	1

Tabel 4. Data Kabel berisolasi karet (rubber)

Cable	Saluran Bus	Sumber	Frek.	Tegangan (kV)	Panjang (ft)
1	3-5	NEC	60	1	100
2	4-6	NEC	60	1	100
3	5-6	ICEA	50	0,6	100
4	5-7	ICEA	50	0,6	100
5	7-8	ICEA	50	0,6	100
6	7-10	ICEA	50	0,6	100
7	7-12	ICEA	50	0,6	100
8	6-14	ICEA	50	0,6	100
9	6-16	ICEA	50	0,6	100
10	6-18	ICEA	50	0,6	100

Tabel 5. Data Beban Single Line Diagram

Nama	Teg.	Kap.	Daya Aktif	Daya Reaktif	%PF
	kV	kVA	kW	kVAr	
Load1	0,24	40	37,12	14,9	92,8
Load2	0,24	40	33,72	21,5	84,3
Load3	0,24	40	36,04	13,33	90,12
Load4	0,24	25	19,75	15,3	79
Load5	0,24	30	25,2	16,2	84
Load6	0,24	40	32	24	80
Load7	0,24	23,8	14,04	19,2	59

Pembuatan Diagram ini menggunakan Aplikasi ETAP Powerstation 12.6, pembuatan ini juga dilakukan dengan memasukkan data data yang telah dikumpulkan yang kemudian dimasukkan ke dalam pengaturan setiap komponen.

Simulasi Diagram Single Line

Setelah Diagram Single Line selesai dibuat, maka selanjutnya adalah menjalankan Simulasi Diagram yang telah dibuat dengan mengatur kedalam menu Load Flow Analysis

didalam Aplikasi ETAP Powerstation 12.6. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut [15].

- 1) Tampilkan Single Line Diagram
- 2) Klik Load Flow Analysis
- 3) Klik Run
- 4) Simulasi akan menampilkan Data Aliran Daya, Jatuh tegangan dan Rugi-rugi Daya

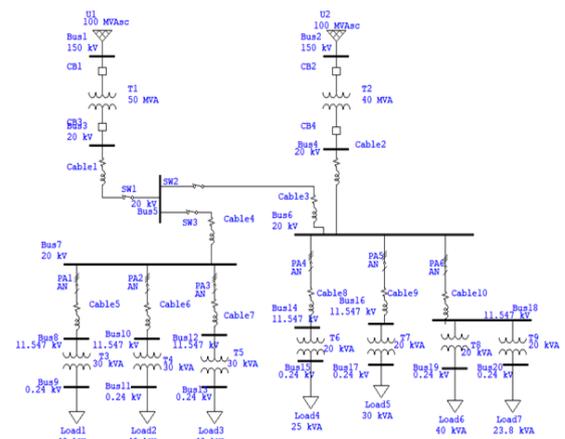
Pengujian Hasil Simulasi adalah kegiatan melihat hasil dari Simulasi yang telah dilakukan terhadap berhasil atau tidaknya simulasi yang dilakukan sesuai standar yang telah ditentukan.

Analisa Simulasi adalah melakukan pengkajian terhadap hasil simulasi yang telah dilakukan, melihat Aspek-aspek yang menjadi tujuan dilakukannya simulasi berdasarkan Data Aliran Daya, Jatuh Tegangan dan Rugi Rugi Daya.

Kegiatan Akhir dalam serangkaian kegiatan studi aliran daya listrik yaitu setelah dilakukan pengkajian maka selanjutnya adalah penarikan kesimpulan terhadap Analisa yang telah dilakukan dengan metode yang telah dilaksanakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Single Line Diagram dari sistem 20 Bus Gambar 3 dalam format ETAP PowerStation 12.6 adalah seperti Gambar 4. Selanjutnya dimasukkan parameter dari komponen-komponen yang ada pada Tabel 2 – 5.



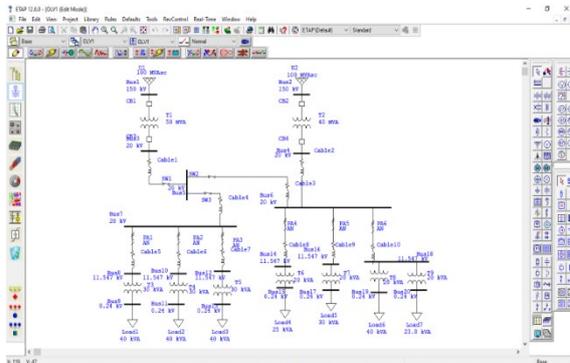
Gambar.4 Simulasi Single Line Diagram 20 Bus dengan ETAP 12.6

- Power grid (rated kV, MVAsc, %V, Vangle, dll)
- Bus (Nominal kV)
- Transformator (kVprim, kVsek, rating MVA, %Z, X/R, dll)
- Kable (panjang, R0, X0, Y0, R1,2, X1,2, Y1,2, dll)

- Beban/Load(1 fasa/ 3 fasa, MVA, PF, Amps, rated kV, dll)

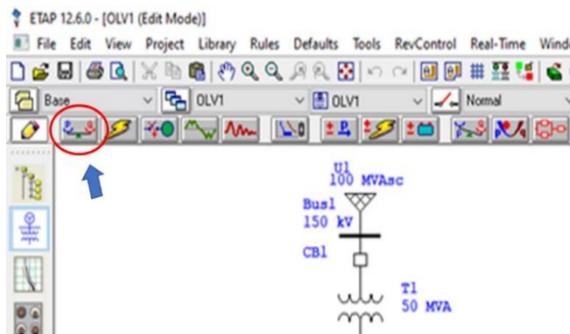
Simulasi Single Line Diagram

Tampilan dari Single Line Diagram simulasinya adalah seperti Gambar 5



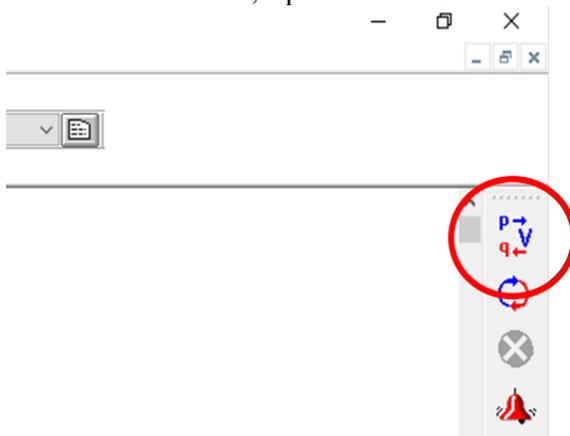
Gambar.5 Tampilan Simulasi pada ETAP

Selanjutnya di-Klik Load Flow Analysis, seperti Gambar 6



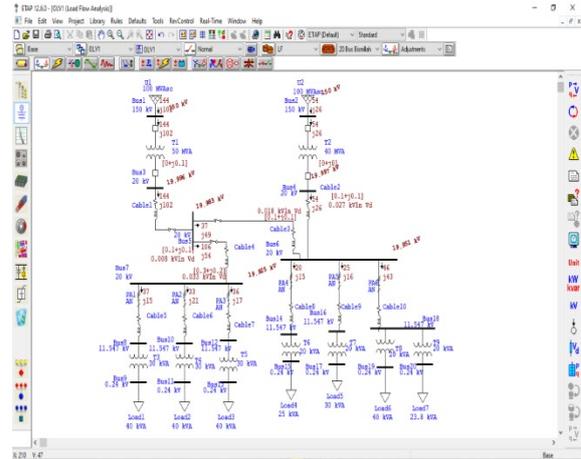
Gambar.6 Proses Load Flow Analisis

Kemudian di-klik Run, seperti Gambar 7.



Gambar.7 Proses Run Load Flow Analysis

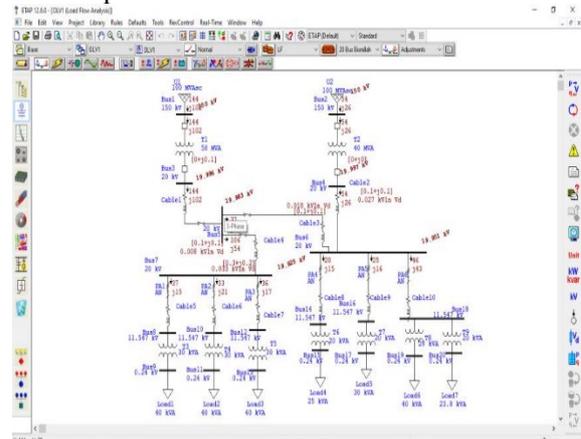
Simulasi akan menampilkan Data Aliran Daya seperti Gambar 8, Jatuh tegangan dan Rugi-rugi Daya.



Gambar.8 Tampilan Simulasi pada ETAP 12.6

Pengujian Hasil Simulasi

Pengujian hasil simulasi aliran daya menggunakan ETAP adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 9 dan 10.



Gambar.9 Hasil Simulasi Single Line Diagram 20 Bus dengan ETAP 12.6

Alert View

Device ID	Type	Condition	Fault/Load	Severity	% Severity	Phase Type

Gambar.10 Tampilan Alert View setelah simulasi dijalankan

Sementara hasil Analisa aliran dayanya dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7

Tabel 6. Load Flow Report setelah simulasi dijalankan

LOAD FLOW REPORT															
Bus	Voltage			Generation				Load				Load Flow			XFMR
	ID	V _L	%Mag	Ang	MW	Mvar	MVA	Stata	ID	MW	Mvar	Ang	%Dp		
*Bus1	150.000	100.000	0.0	0.144	0.102	0	0	Bus1	0.144	0.102	0.7	81.0			
*Bus2	150.000	100.000	0.0	0.054	0.036	0	0	Bus2	0.054	0.036	6.2	90.0			
Bus3	20.000	99.999	0.0	0	0	0	0	Bus3	0.144	0.102	5.1	81.0			
								Bus1	-0.144	-0.102	5.1	81.0			
Bus4	20.000	99.996	0.0	0	0	0	0	Bus4	0.054	0.036	1.7	90.0			
								Bus2	-0.054	-0.036	1.7	90.0			
Bus5	20.000	99.993	0.0	0	0	0	0	Bus5	-0.144	-0.102	-1.1	81.0			
								Bus1	0.087	0.049	1.8	60.7			
								Bus7	0.106	0.074	3.4	89.3			
Bus6	20.000	99.776	0.0	0	0	0.001	0.014	Bus4	-0.053	-0.036	1.7	90.0			
								Bus2	-0.037	-0.049	1.8	60.7			
Bus7	20.000	99.618	-0.1	0	0	0.106	0.074	Bus1	-0.106	-0.073	3.4	89.3			

* Indicates a voltage regulated bus (Voltage controlled or swing type machine connected to it)

Indicates a bus with a load amount of more than 0.1 MVA

Tabel 7. Branch Losses Report setelah simulasi dijalankan

Branch Losses Summary Report										
Ckt / Branch	From-To Bus Flow			To-From Bus Flow			Losses	% Bus Voltage		
	ID	MW	Mvar	MW	Mvar	kW		From	To	% Drop
T1		0.144	0.102	-0.144	-0.102	0.0	0.1	100.0	100.0	0.02
T2		0.054	0.036	-0.054	-0.036	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable1		0.144	0.102	-0.144	-0.102	0.1	0.1	100.0	99.9	0.07
Cable2		0.054	0.036	-0.053	-0.036	0.1	0.1	100.0	99.8	0.23
Cable3		0.037	0.049	-0.037	-0.049	0.1	0.1	99.9	99.8	0.16
Cable4		0.106	0.074	-0.106	-0.073	0.3	0.2	99.9	99.6	0.29
						0.5	0.6			

Analisa Simulasi

1) Hasil Simulasi Single Line Diagram

Berdasarkan simulasi pada single line diagram yang telah dibuat diatas terlihat bahwa Komponen pada Sistem Tenaga Listrik berbasis Single Diagram pada simulasi ETAP tidak terlihat Warna merah diberbagai bagian Komponen, yang menandakan Pengujian berdasarkan komponen berhasil dan tidak terjadi kondisi kritical yang mengharuskan dilakukannya evaluasi pada komponen sehingga dapat dikatakan bahwa Sistem Tenaga Listrik pada Simulasi diatas dalam kondisi Aman.

2) Alert View

Berdasarkan Hasil simulasi yang telah dilakukan, pada *Alert View* memberikan Informasi berupa Taraf keamanan pada sistem tenaga listrik yang berdasarkan batas persentase toleransi Voltage *Input* dan *Output* yang telah diatur pada pengaturan yaitu dengan taraf 100% yang menandakan bahwa terjadi Overvoltage dalam kondisi kritical dan di bawah 95% yang menandakan terjadi *Undervoltage* dalam Kondisi Marginal. Mengacu penjelasan pada Gambar 10 yang memperlihatkan bahwa tidak ada peringatan yang tercantum pada kolom yang menandakan bahwa Sistem dalam keadaan Aman atau bisa dikatakan bahwa Drop tegangan serta Rugi Rugi daya masih dalam batas Wajar dan dapat ditolerir berdasarkan persentasi toleransi.

3) Load Flow Report

Pada Tabel 6 diperlihatkan informasi dan data mengenai Aliran daya pada Single Line

Diagram yang mana terlihat berdasarkan Informasi pada Tabel, Bus 1 dan Bus 2 yang terhubung langsung dengan pembangkit atau sumber Tegangan, masing masing memiliki Daya Aktif 144 kW dan Daya Reaktif 102 kVAR untuk Bus 1, kemudian Daya Aktif 54 kW dan Daya Reaktif 26 kVAR untuk Bus 2, dan ini memberikan informasi bahwa saat sistem berjalan 100% maka pembangkit mampu menyuplai seluruh sistem dengan menggunakan 100% beban untuk memberikan informasi terkait rugi rugi daya serta Tegangan untuk melihat sistem tenaga listrik yang mumpuni.

4) Branch Losses Report

Pada tabel 7 memperlihatkan terjadinya kondisi losses yang pada sistem Tenaga listrik yang digunakan dengan Single Line Diagram yaitu sebesar 0,5 kW untuk daya Aktif dan 0,6 kVAR untuk daya Reaktif, kemudian terlihat losses terbesar terdapat pada kabel 4 yang mana disebabkan oleh kabel 4 menjadi penopang tunggal untuk mentransmisikan listrik ke 3 jalur Beban yang memiliki %PF yang berbeda beda.

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan memperlihatkan bagaimana Load Flow yang dapat dianalisa dari setiap bus dan bagian dari sistem Tenaga Listrik yang digunakan, kemudian Besarnya daya yang mengalir tergantung pada beban yang terpasang pada bus tersebut. Pada setiap Komponen yang ada pada Line Diagram dapat dilihat data data simulasi pada hasil simulasi yang memperlihatkan bahwa faktor faktor yang mempengaruhi Aliran daya pada komponen disebabkan oleh Faktor Impedansi yang ada dari komponen tersebut, Kemudian faktor lain yang mempengaruhi aliran daya adalah Luas Penampang pada saluran Transmisi.

4. KESIMPULAN

Analisa aliran daya merupakan suatu analisa aliran daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dari suatu sistem pembangkit melalui suatu saluran hingga ke beban. Besarnya daya yang mengalir tergantung pada besarnya beban yang terpasang pada bus. Faktor yang mempengaruhi Aliran Daya adalah Luas Penampang dari Saluran Transmisi dan Impendansi dari Komponen masing masing. Bus Bus yang terhubung dengan Jaluran Transmisi percabangan akan mengalami load sementara terhadap adanya pembagian tegangan pada masing masing jalur.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. K. Lal and S. E. Mubeen, "A Review on Load Flow Analysis," *International Journal of Innovative Research & Development*, vol. 3, no. 11, pp. 337–341, 2014.
- [2] T. Gonen, *Modern Power System Analysis*, 2nd ed. Boca Raton: Taylor & Francis, 2013.
- [3] J. D. Glover, T. J. Overbye, M. S. Sarma, and T. J. Overbye, *Power System Analysis and Design, SI Edition*, 6th ed. Boston: Cengage Learning, 2015.
- [4] J. J. Grainer and W. D. Stevenson Jr, *Power System Analysis*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1994.
- [5] F. Atmajaya, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) Area Pelayanan Jaringan (APJ) Pontianak Metode Reliability Network Equivalent Approach (RNEA)," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [6] A. Van Anugrah, H. Eteruddin, and A. Arlenny, "Studi Pemasangan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 kV Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Sorek PT. PLN (Persero) Rayon Pangkalan Kerinci," *SainETIn*, vol. 4, no. 2, pp. 65–71, 2020.
- [7] H. Eteruddin, M. Mutamalikin, and A. Arlenny, "Perencanaan Sistem Distribusi 20 kV Di Sungai Guntung Kabupaten Indragiri Hilir-Riau," *Jurnal Inovasi Penelitian*, vol. 2, no. 6, pp. 1863–1872, 2021.
- [8] H. Hendry, H. Eteruddin, and A. Atmam, "Analysis of Voltage Sag Due to Short Circuit on the Sub System in Central Sumatera," *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2018.
- [9] M. F. Faisal, "Power Quality Issues & Case studies," no. November, pp. 1–30, 2006.
- [10] T. J. Dionise, "Harmonic Filter Analysis and Redesign for a Modern Steel Facility with Two Melt Furnaces Using Dedicated Capacitor Banks," vol. 00, no. September 2003, pp. 137–143, 2006.
- [11] A. Supriyadi, "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software ETAP 12.6," *Forum Teknologi*, vol. 6, no. 3, pp. 56–65, 2018.
- [12] J. Effendi, "Analisa Aliran Beban pada Sistem Tenaga Listrik di Pusat Penampung Produksi Menggung Pertamina Asset IV Field Cepu Menggunakan Software Etap 12.6," Diploma Thesis, Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [13] B. Tri Wibowo, S. Setiawidaya, and M. Muksin, "Simulasi dan Analisis Load Flow Sistem Interkoneksi Kalimantan Timur Menggunakan Software ETAP 12.6," in *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)*, 2018.
- [14] Y. Yolnasdi, F. Palaha, and J. Efendi, "Perencanaan Penempatan Recloser Berdasarkan Gangguan di Jaringan Distribusi 20 kV Menggunakan ETAP 12.6," *SainETIn*, vol. 5, no. 1, pp. 27–34, 2020.
- [15] L. Multa and R. Prima Aridani, *Buku Modul Pelatihan ETAP*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2013.