

SIMULASI ALIRAN DAYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN GAS (PLTMG) BADAS UNTUK SISTEM KELISTRIKAN SUMBAWA BESAR MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP 16

Indra Darmawan¹⁾, Fuad Abdurrahman Rafif²⁾, Addien Wahyu Wiratama³⁾

^{1,2)} Teknik Elektro Universitas Teknologi Smbawa

³⁾ PT PLN Persero

email :¹⁾ indra.darmawan@uts.ac.id,²⁾ Fuad.arafiff@gmail.com

Abstraksi

Sistem tenaga listrik merupakan proses dari pembangkitan energi listrik hingga penyaluran kepada pengguna. Sistem yang terintegrasi dengan baik memberikan jaminan mutu untuk keandalan sistem. Analisis dilakukan guna meminimalisir rugi-rugi penyaluran. Sistem kelistrikan Sumbawa Besar saat ini dalam proses peningkatan kapasitas penyaluran transmisi 150 KV dengan PLTMG BADAS sebagai pusat pembangkitan terbesar. Penelitian dilakukan dengan menganalisis aliran daya pada PLTMG BADAS untuk sistem kelistrikan Sumbawa Besar yang ditinjau pada bus sistem 20 KV, dan dengan simulasi menggunakan software ETAP 16. Metode penelitian dilakukan dengan data berasal dari PLN Sumbawa dan analisis perhitungan aliran daya menggunakan metode Newton Raphson nilai presisi 0,0001. Simulasi dilakukan pada tiga skenario pembangkitan, yaitu: 1) Operasi 1 mesin PLTMG, 2) Operasi 2 mesin PLTMG, 3) Operasi seluruh mesin PLTMG. Ketiga skenario dilakukan pada kondisi operasi normal. Hasil simulasi menunjukkan bahwa analisis aliran daya dengan metode Newton-Raphson menghasilkan 2 kali iterasi pada setiap skenario, dan diperoleh parameter sebagai berikut: 1) Rata-rata nilai tegangan tertinggi pada skenario 1 sebesar 20,43 KV dengan sudut fasa -14,3, 2) Total daya Aktif – Reaktif tertinggi pada skenario 2 sebesar 44,475 MW dan 9,557 MVAR, 3) Skenario 1 memiliki rugi-rugi daya terendah sebesar 2,634 MW dan 5,168 MVAR serta tegangan jatuh sebesar 2,275%.

Kata Kunci :

Aliran Daya, Newton-Raphson, ETAP 16.

Abstract

Electric power system is a process of electrical energy generation to dispense to users. A well-integrated system provides quality assurance for system reliability. Analysis is conducted to minimize dispensing losses. The electrical system of Sumbawa Besar is currently in the process of upgrading 150 KV transmission distribution capacity with PLTMG BADAS as the largest generation center. The research was conducted by analyzing the power flow on PLTMG BADAS for the electrical system of Sumbawa Besar which was reviewed on 20 KV bus system, and by simulating using ETAP 16 software . The research method is done with data derived from Sumbawa's PLN and analysis of the power flow calculation using the method Newton-Raphson precision value 0.0001. The simulation is performed on three generation scenarios, namely: 1) Operation 1 PLTMG engine, 2) operation 2 PLTMG engines, 3) operation of the entire PLTMG machine. All three scenarios are done under normal operating conditions. Simulated results show that the analysis of power flows by Newton-Raphson method generates 2 iterations in each scenario, and the following parameters are obtained: 1) average of the highest voltage value in Scenario 1 OF 20.43 KV With phase angle-14.3, 2) Total active power – highest reactive in Scenario 2 of 44.475 MW and 9.557 MVAR, 3) Scenario 1 has the lowest power loss of 2.634 MW and 5.168 MVAR and voltage fall by 2.275%.

Keywords :

Load Flow, Newton-Raphson, ETAP 16

Pendahuluan

Sistem tenaga listrik harus memiliki kualitas hasil produksi listrik yang konstan untuk memberikan jaminan pelayanan optimal kepada konsumen. Sistem yang terintegrasi dapat meningkatkan mutu serta keandalan agar memberikan nilai keamanan tinggi, bekerja efektif dan efisien dalam proses penyebarannya dan mampu menyediakan listrik dengan nilai ekonomis yang tinggi. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Sumbawa sedang dalam

pengembangan sistem kelistrikan 20 Kilo Volt (KV) menjadi 150 KV.

Sistem kelistrikan Sumbawa Besar memiliki Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) BADAS berkapasitas 50 Mega Watt (MW) dengan transmisi penyaluran sebesar 150 KV Proses penyaluran sistem kelistrikan sering kali terjadi gangguan yang menyebabkan sebagian komponen tidak bekerja maksimal dan menyebabkan ketidakseimbangan yang dapat menghambat proses penyalurannya. Analisis studi aliran daya merupakan solusi untuk meminimalisir rugi-rugi penyaluran system yang sedang beroperasi. Analisis studi aliran

daya dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan, sudut fasa, daya aktif – reaktif, rugi-rugi daya (losses), dan tegangan.

Penelitian ini membahas tentang studi aliran daya pada PLTMG BADAS untuk sistem kelistrikan di Sumbawa Besar dengan menggunakan software *Electric Transient and Analysis Program* (ETAP) versi Power Station 16 untuk mempermudah proses simulasi dan perhitungan. Penelitian ini dapat memberikan masukan untuk perbaikan sistem terhadap skenario yang dilakukan. Penelitian ini diharapkan Memberikan hasil perbandingan untuk perencanaan operasional serta pengembangan sistem agar dapat meningkatkan kualitas penyaluran listrik pada PLTMG BADAS untuk sistem kelistrikan Sumbawa Besar

Tinjauan Pustaka

Ervan dan Taufiq (2012) melakukan penelitian Analisis Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik 150 KV Gorontalo menggunakan Metode Newton Raphson. Hasil penelitian diperoleh informasi berupa daya aktif yang harus dibangkitkan oleh unit pembangkit sudah melebihi daya mampu pasok dan kapasitas beban terpasang. Pemenuhan pelayanan yang baik kepada konsumen sebagai pedoman dalam pengoperasian sistem tenaga listrik, perencanaan pengembangan sistem, dan juga sebagai dasar untuk studi lainya seperti koordinasi relay proteksi, analisis transien, maupun studi stabilitas dan keandalan sistem [1].

Menurut Sudirham (2012), salah satu cara untuk mengirimkan energi dengan ekonomis, mudah dan aman adalah melalui bentuk energi listrik. Energi listrik secara kontinyu dapat dikirimkan dari satu tempat ke tempat lain dengan jarak berjauhan dalam suatu sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik merupakan kumpulan dari komponen-komponen atau alat-alat listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi, dan beban, yang dihubungkan membentuk suatu sistem[2].

1. Study Aliran Daya

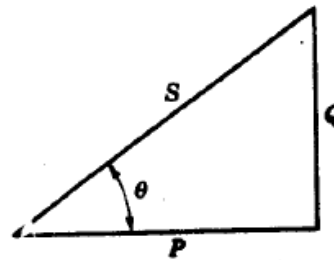
tegangan dan arus untuk pernyataan fasor pada perhitungan daya yang dapat diselesaikan dalam bentuk bilangan kompleks. Besaran daya kompleks dinyatakan sebagai S .

$$S = |V|. |I| \cos(\alpha - \beta) + j |V|. |I| \sin(\alpha + \beta) \quad (2.1)$$

Karena $\alpha - \beta$, sudut fasa antara tegangan dengan arus adalah θ

$$S = P + jQ \quad (2.2)$$

Daya reaktif Q akan positif bila sudut fasa $\alpha - \beta$ antara tegangan dan arus itu positif, bila $\alpha > \beta$ berarti arus tertinggal dari tegangannya. Sebaliknya, Q negatif untuk $\alpha < \beta$ dengan arus mendahului tegangannya. Hal itu sesuai dengan pemilihan tanda positif untuk daya reaktif pada beban induktif dan tanda negatif untuk daya reaktif pada beban kapasitif.



Persamaan 2.2 menunjukkan suatu cara untuk memperoleh P , Q dan sudut fasa keseluruhan bagi beberapa beban yang dihitung paralel karena $\cos \theta$ adalah $P/|S|$. Sebuah segitiga daya untuk beban induktif, untuk beberapa beban yang dihubungkan paralel, daya P keseluruhan merupakan jumlah daya pada beban, yang merupakan sumbu panjang mendatar dalam suatu analisa grafis, untuk suatu beban induktif, Q sumbu tegak ke atas merupakan nilai Q positif dan beban kapasitif akan mempunyai daya reaktif yang negatif dengan Q mengarah ke bawah [3].

Analisis aliran daya pada sistem tenaga listrik memiliki ketentuan-ketentuan sebagai berikut [4]:

- Sistem dalam keadaan seimbang; dengan demikian kita dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan model satu-fasa.
- Semua besaran dinyatakan dalam per-unit;

$$P_i = -P_{Gi} + P_{Li} + \sum_{j=1}^n |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \cos(\delta_i - \delta_j - \delta_{ij}) = 0$$

$$Q_i = -Q_{Gi} + Q_{Li} + \sum_{j=1}^n |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \sin(\delta_i - \delta_j - \delta_{ij}) = 0$$

2. Metode Newton Raphson

Metode Newton-Raphson adalah Metode yang paling sering digunakan untuk menyelesaikan suatu sistem persamaan nonlinier, metode Newton-Raphson menggunakan teknik iteratif. Teknik iteratif ini merupakan pencarian solusi yang dimulai dengan estimasi awal untuk variabel yang ingin dicari. Estimasi tersebut kemudian diperbaiki secara berturut-turut sampai solusi yang diinginkan diperoleh. Apabila solusinya telah didapat, maka dikatakan bahwa solusinya telah konvergen.

Berikut adalah penjelasan mengenai penggunaan Metode tersebut pada sistem persamaan nonlinier umum. Misalkan persamaan nonlinier dengan jumlah persamaan n diberikan oleh [5]:

$$F(X) = \begin{bmatrix} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{bmatrix} = 0 \quad (2.5)$$

$X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ adalah variabel yang akan dicari. Langkah iteratif dari Metode Newton-Raphson dalam mencari solusi adalah dengan menyelesaikan persamaan berikut secara berturut-turut :

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} + \Delta X^{(k)} \quad (2.6)$$

Dimana

$$\Delta X^{(k)} = -[J(X^{(k)})]^{-1} F(X^{(k)}) \quad (2.7)$$

Persamaan 2.7, $J(X)$ merupakan Jacobian dari $F(X)$ dan dihitung melalui:

$$J(X) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

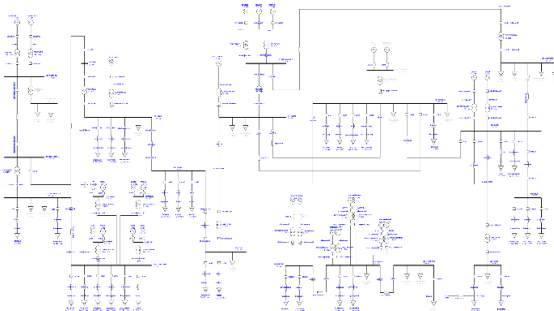
3. ETAP Power Station 16

Electric Transient and Analysis Program (ETAP) versi Power Station 16 merupakan salah satu Software yang digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik. Analisa sistem tenaga listrik yang dapat dilakukan antara lain yaitu, analisa aliran daya, hubung singkat, arc flash, starting motor, koordinasi proteksi, kestabilan transien, dll.

Suatu diagram saluran tunggal atau Single Line Diagram (SLD) sistem tenaga listrik tiga fasa memudahkan pembacaan diagram dan analisa rangkaian. Elemen elektrik seperti misalnya generator, pemutus, transformator, busbar, beban statis dan konduktor lain dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah distandardisasi untuk SLD [6].

Metode Penelitian

Penelitian ini berdasarkan studi kasus di sistem kelistrikan subtransmisi :



Gambar 2. Single line diagram kelistrikan subtransmisi Metode pada penelitian ini menggunakan metode Newton Raphson dalam menganalisis aliran daya, yang disimulasikan melalui program ETAP 16. Penelitian mengembangkan tiga skenario dalam proses simulasi yaitu, pertama Penggunaan PLTMG 1, PLTU 1 dan 2, BPSA 1 dan 2, BGP Empang dengan total daya pasok 47 MW.

Tabel 1. Skenario pertama

NAMA PEMBANGKIT	JENIS OPERASI	DAYA PASOK (MW)
PLTMG 1	SWING	17,2
PLTU	VOLTAGE CONTROL	12
BPSA 1 dan 2	VOLTAGE CONTROL	16
BGP EMPANG	PF CONTROL	1,8
Total		47

Skenario kedua Penggunaan PLTMG 2-3, PLTU 1 dan 2, BPSA 1, BGP EMPANG dengan total daya pasok 47,2 MW:

Tabel 2. Skenario 2

NAMA PEMBANGKIT	JENIS OPERASI	DAYA PASOK (MW)
PLTMG 2 DAN 3	SWING	24,6
PLTU 1 DAN 2	VOLTAGE CONTROL	12
BPSA 1	VOLTAGE CONTROL	8
BGP EMPANG	PF CONTROL	2,6
TOTAL		47,2

skenario 3 Penggunaan seluruh mesin PLTMG, PLTU dan BGP EMPANG dengan total daya pasok 47 MW.

Tabel 3. Skenario 3

NAMA PEMBANGKIT	JENIS OPERASI	DAYA PASOK (MW)
PLTMG	SWING	32
PLTU	VOLTAGE CONTROL	12
BGP EMPANG	PF CONTROL	3
TOTAL		47

Hasil dan Pembahasan

Skenario pertama

Simulasi skenario 1 diperoleh hasil perhitungan studi aliran daya dengan tingkat presisi pada iterasi ke-2, dan diketahui parameter sebagai berikut:

- Tegangan dan Sudut fasa

BUS	Tegangan Bus		
	Nilai Tegangan (%)	Sudut Fasa	Nilai Tegangan (KV)
GH ALAS	101,136	-24,9	20,2272
GH BOAK	102,436	-6,1	20,4872
GH EMPANG	98,186	-12	19,6372
GH LABUHAN	100,5	-8,5	20,1
GH LAPE	101,99	-8,9	20,398
GH MOYO	99,717	-7,7	19,9434
GH PLAMPANG	100,776	-10,1	20,1552
GH UTAN	104,587	-14,4	20,9174
GI ALAS	102,229	-26,8	20,4458
GI EMPANG	99,609	-11,4	19,9218
GI LABUHAN	106,905	-4,9	21,381
GI TALIWANG	102,709	-27,9	20,5418
GI BADAS	104,807	-8,1	20,9614
PLTD TLW	100,303	-28,7	20,0606
Rata-rata			20,36985714

- Daya Aktif dan Reaktif

Daya Aktif – Reaktif				
Dari	Ke	P (MW)	Q (MVAR)	PF (%)
GH ALAS	GH UTAN	-4,954	2,651	-88,2
	GI ALAS	2,27	-2,757	63,6
GH BOAK	GH MOYO	2,606	0,573	97,7
	GI LABUHAN	-2,947	-1,748	86
	GH LAPE	4,277	0,158	99,9
	GH LABUHAN	4,714	-0,58	-99,3
GH EMPANG	GI EMPANG	-1,128	-0,384	94,7
GH LABUHAN	GI BADAS	-1,961	-2,208	66,4

		-1,939	-2,282	64,8
	GH BOAK	-4,598	0,758	98,7
		-4,598	0,758	98,7
GH LAPE	GH BOAK	-4,261	0,05	100
GH MOYO	GH BOAK	-2,551	-0,488	98,2
GH PLAMPANG	GI EMPANG	1,68	-0,131	99,7
GH UTAN	GH ALAS	5,538	-1,758	95,3
	GI BADAS	-9,955	1,121	99,4
GI ALAS	GH ALAS	-2,203	2,86	-61
	PLTD TLW	1,357	-0,069	99,9
GI EMPANG	GH PLAMPANG	-1,657	0,165	99,5
	GH EMPANG	1,14	0,403	94,3
GI LABUHAN	GH BOAK	3,038	1,886	85
GI TALIWANG	PLTD TLW	5,075	2,683	88,4
GI BADAS	GH UTAN	10,039	-0,029	100
	GH LABUHAN	2,031	2,315	66
		2,008	2,392	64,3
PLTD TLW	GI TALIWANG	-4,991	-2,554	89
	GI ALAS	-1,328	0,113	99,6

- Rugi – rugi daya dan tegangan jatuh

Saluran	Rugi-rugi Daya		Tegangan Bus (%)		Vd (%)
	P (kW)	Q (kVAR)	Dari	Ke	
EXPALAS	583,9	892,6	101,1	104,6	3,45
EXPTANO	67,4	892,6	101,1	102,2	1,09
EXPMOYO	55	84,1	102,4	99,7	2,72
KOPELKOTA	90,7	138,7	102,4	106,9	4,47
EXPLAPE	16	207,6	102,4	102	0,45
EXPBOAK	116,2	177,7	102,4	100,5	1,95
EXPBOAK2	116,2	177,7	102,4	100,5	1,95
KOPELEMPANG	12	18,3	98,2	99,6	1,42
EXPKANAR	70	107	100,5	104,8	4,31
EXPPLTMG	68,6	110,1	100,5	104,8	4,31
EXPPLAMPANG	22,7	34,6	100,8	99,6	1,17
EXPUTAN	83,9	1091,1	104,6	104,8	0,22
SETELUK	28,6	43,8	102,2	100,3	1,93
EXPTALIWANG	84,4	129,1	102,8	100,3	2,41

Skenario Kedua

- Tegangan dan Sudut fasa

BUS	Tegangan Bus		
	Rating Tegangan (%)	Sudut Fasa	Nilai Tegangan (KV)
GH ALAS	101,5	-25,1	20,3
GH BOAK	101,6	-8,7	20,31
GH EMPANG	99,44	-15,5	19,89
GH LABUHAN	100,4	-10,2	20,08
GH LAPE	101,8	-11,1	20,36
GH MOYO	98,88	-10,3	19,78
GH PLAMPANG	100,8	-13,9	20,17
GH UTAN	105,4	-14,7	21,08
GI ALAS	102,4	-26,9	20,48

GI EMPANG	100,9	-14,8	20,18
GI LABUHAN	108	-5	21,6
GI TALIWANG	102,8	-28,1	20,56
GI BADAS	105,8	-8,5	21,16
PLTD TLW	100,4	-28,8	20,08
Rata-rata			20,43

- Daya Aktif dan Reaktif

Daya Aktif - Reaktif				
Dari	ke	P (MW)	Q (MVAR)	PF (%)
GH ALAS	GH UTAN	-5,003	2,49	-89,5
	GI ALAS	2,301	-2,596	-66,3
GH BOAK	GH MOYO	2,562	0,563	97,7
	GI LABUHAN	-6,392	-0,903	99
	GH LAPE	3,562	-0,402	-99,4
	GH LABUHAN	2,853	-0,411	-99
GH EMPANG	GI EMPANG	-1,157	-0,394	94,7
GH LABUHAN	GI BADAS	-3,724	-1,907	89
	GH BOAK	-3,733	-2,016	88
GH LAPE	GH BOAK	-2,809	0,477	81,9
	GH BOAK	-2,809	0,477	81,9
GH MOYO	GH BOAK	-3,55	0,55	-98,8
GH PLAMPANG	GI EMPANG	-2,508	-0,48	98,2
GH UTAN	GH ALAS	0,961	-0,658	-82,5
	GI BADAS	5,577	-1,613	-96,1
GI ALAS	GH ALAS	-10,064	0,965	-99,5
	PLTD TLW	-2,237	2,693	-63,9
GI EMPANG	GH PLAMPANG	1,373	-0,046	-99,9
	GH EMPANG	-0,951	0,675	-81,6
GI LABUHAN	GH BOAK	1,17	0,413	94,3
GI TALIWANG	GH BOAK	6,719	1,404	97,9
	PLTD TLW	5,073	2,665	88,5
GI BADAS	GH UTAN	10,148	0,129	100
	GH LABUHAN	3,864	2,122	87,7
		3,871	2,238	86,6
PLTD TLW	GI TALIWANG	-4,989	-2,537	89,1
	GI ALAS	-1,343	0,091	-99,8

- Rugi – rugi daya dan tegangan jatuh

Saluran	Rugi-rugi Daya		Tegangan Bus (%)		Vd (%)
	P (kW)	Q (kVAR)	Dari	Ke	
EXPALAS	573,7	877	101,5	101,4	3,94
EXPTANO	63,2	96,6	101,5	102,4	0,94
EXPMOYO	54,1	82,7	101,6	98,8	2,7
KOPELKOTA	327,5	500,6	101,6	108	6,44
EXPLAPE	11,4	148,1	101,6	101,8	0,24
EXPBOAK	43,5	66,5	101,6	100,4	1,15
EXPBOAK2	43,5	66,5	101,6	100,4	1,15
KOPELEMPANG	12,3	18,7	99,4	100,9	1,44
EXPKANAR	140,7	215,1	100,4	105,8	5,4
EXPPLTMG	137,9	221,2	100,4	105,8	5,4
EXPPLAMPANG	10,8	16,5	100,8	100,9	0,05
EXPUTAN	84,1	1093,9	105,4	105,8	0,4
SETELUK	29,2	44,6	102,4	100,4	2
EXPTALIWANG	84	128,4	102,8	100,4	2,4

Skenario Ketiga

- Tegangan dan Sudut fasa

BUS	Tegangan Bus		
	Rating Tegangan (%)	Sudut Fasa	Nilai Tegangan (KV)
GH ALAS	101,5	-25,2	20,3
GH BOAK	99,47	-11,1	19,89
GH EMPANG	99,71	-17,3	19,94
GH LABUHAN	99,24	-11,6	19,85
GH LAPE	100,1	-13,3	20,02
GH MOYO	96,83	-12,7	19,37
GH PLAMPANG	100,5	-15,8	20,09
GH UTAN	105,5	-14,9	21,11
GI ALAS	102,4	-27	20,49
GI EMPANG	101,2	-16,6	20,23
GI LABUHAN	108,3	-4,7	21,65
GI TALIWANG	102,8	-28,2	20,56
GI BADAS	106	-8,7	21,19
PLTD TLW	100,4	-28,9	20,09
Rata-rata			20,34

- Daya Aktif dan Reaktif

Daya Aktif - Reaktif					
Dari	Ke	P (MW)	Q (MV AR)	PF (%)	
GH ALAS	GH UTAN	-5,01	2,468	-89,7	
	GI ALAS	2,305	-2,575	-66,7	
GH BOAK	GH MOYO	2,457	0,54	97,7	
	GI LABUHAN	-9,77	-0,123	100	
	GH LAPE	3,101	-0,721	-97,4	
	GH LABUHAN	GH LAPE	0,892	-0,301	-94,7
		GH LABUHAN	0,892	-0,301	-94,7
GH EMPANG	GI EMPANG	-1,164	-0,396	94,7	
GH LABUHAN	GI BADAS	-5,478	-1,686	95,6	
	GH BOAK	-5,517	-1,831	94,9	
	GH BOAK	-0,887	0,309	-94,5	
GH LAPE	GH BOAK	-3,092	0,843	-96,5	
GH MOYO	GH BOAK	-2,405	-0,461	98,2	
GH PLAMPANG	GI EMPANG	0,581	-0,935	-52,8	
GH UTAN	GH ALAS	5,582	-1,593	-96,2	
	GI BADAS	-10,078	0,944	-99,6	
GI ALAS	GH ALAS	-2,242	2,671	-64,3	
	PLTD TLW	1,375	-0,043	-100	
GI EMPANG	GH PLAMPANG	-0,571	0,95	-51,5	
	GH EMPANG	1,176	0,415	94,3	

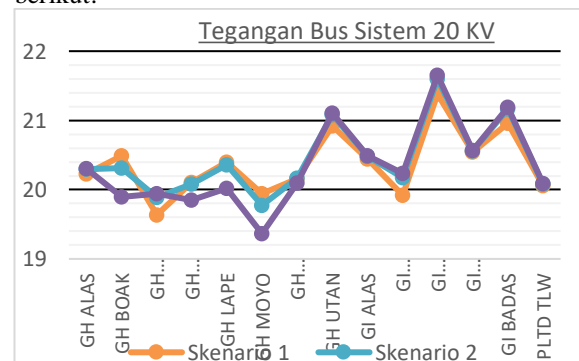
GI LABUHAN	GH BOAK	10,552	1,319	99,2
GI TALIWANG	PLTD TLW	5,073	2,663	88,5
GI BADAS	GH UTAN	10,162	0,15	100
	GH LABUHAN	5,749	2,099	93,9
PLTD TLW	GI TALIWANG	5,782	2,256	93,2
	GI ALAS	-4,989	-2,535	98,2
		-1,345	0,088	-99,8

- Rugi – rugi daya dan tegangan jatuh

Saluran	Rugi-rugi Daya		Tegangan Bus (%)		Vd (%)
	P (kW)	Q (kVAR)	Dari	Ke	
EXPALAS	572,4	875	101,5	105,5	4
EXPTANO	62,6	95,7	101,5	102,4	0,92
EXPMOYO	51,9	79,3	99,5	96,8	2,64
KOPELKOTA	782,3	119	99,5	108,3	8,79
		5,9			
EXPLAPE	9,4	121,9	99,5	100,1	0,65
EXPBOAK	4,8	7,4	99,5	99,2	0,23
EXPBOAK2	4,8	7,4	99,5	99,2	0,23
KOPELEMPANG	12,3	18,8	99,7	101,2	1,45
EXPKANAR	270,5	413,5	99,2	106	6,72
EXPPLTMG	265	425,2	99,2	106	6,72
EXPPLAMPANG	9,7	14,9	100,5	101,2	0,7
EXPUTAN	84,2	109,4,3	105,5	106	0,43
SETELUK	29,2	44,7	102,4	100,4	2,01
EXPTALIWANG	83,9	128,3	102,8	100,4	2,39

Pembahasan

Hasil dari nilai tegangan pada masing-masing skenario tersebut dapat dilihat pada grafik Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Nilai tegangan pada setiap skenario
Nilai tegangan tertinggi pada masing-masing skenario terdapat pada bus GI LABUHAN yaitu untuk skenario 1 sebesar 21,38 KV, untuk skenario 2 sebesar 21,6 KV, dan untuk skenario 3 sebesar 21,65 KV. Sedangkan, nilai tegangan terendah terdapat pada bus GH MOYO pada skenario 3 sebesar 19,37

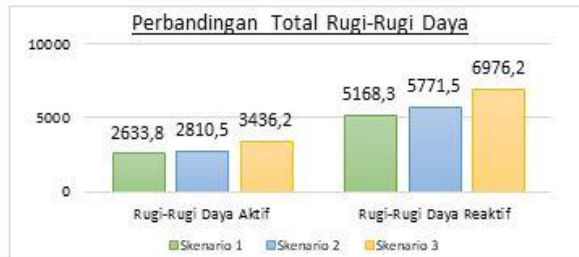
KV dibandingkan dengan skenario 1 dan 2 yang memiliki nilai tegangan terendah lebih dari 19,5 KV. Total rugi-rugi daya aktif – reaktif yang terdapat pada masing-masing skenario diperoleh nilai sebagai berikut (Lampiran 2, 3, dan 4. Hasil *Report Branch Losses Summary*):

Skenario 1 sebesar 2633,8 kW dan 5168,3 kVAR.

Skenario 2 sebesar 2810,5 kW dan 5771,7 kVAR.

Skenario 3 sebesar 3436,2 kW dan 6976,2 kVAR.

Grafik perbandingan total daya aktif dan reaktif terhadap 3 skenario dapat dilihat pada Gambar 4 Berikut :



Berdasarkan grafik perbandingan pada Gambar 4.9, diperoleh hasil bahwa skenario 1 memiliki jumlah rugi-rugi daya aktif dan reaktif paling sedikit dibandingkan dengan skenario 2 dan 3. Nilai tegangan jatuh terbesar berada pada skenario 3 yaitu mencapai 8,79%, dan tegangan jatuh terkecil berada pada skenario 1 sebesar 4,47%.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil simulasi program ETAP 16 untuk studi aliran daya dan gangguan hubung singkat 3 fasa pada penelitian ini adalah:

- Analisis studi aliran daya menggunakan metode *Newton-Raphson* menghasilkan kecepatan proses perhitungan dengan nilai presisi 0,0001 hanya 2 kali iterasi untuk setiap skenario. Adapun hasil analisis terhadap parameter yang dicari sebagai berikut :
- Nilai Tegangan dan Sudut Fasa pada skenario 1 memiliki rata-rata nilai tegangan tertinggi sebesar 20,43 KV dengan sudut fasa -14,3.
- Daya aktif – reaktif yang mengalir pada skenario 2 memiliki total tertinggi sebesar 44,475 MW dan 9,557 MVAR.
- Rugi-rugi daya dan tegangan jatuh pada skenario 1 memiliki rugi-rugi daya terendah sebesar 2,634 MW dan 5,168 MVAR, serta rata-rata tegangan jatuh sebesar 2,275%.

Daftar Pustaka

- [1] Harun, Yusuf. 2012. *Analisis Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik 150 KV Gorontalo menggunakan Metode Newton*

Raphson. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.

- [2] Sudirham, Sudaryatno. Juli 2012. *Analisa Sistem Tenaga*. Bandung: Darpublic.
- [3] Saadat, Hadi. 1999. *Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- [4] Djalal, Haikal. 2014. *Penyelesaian Aliran Daya 37 Bus dengan Metode Newton Raphson (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 KV Sulawesi Selatan)* Makassar: Politeknik Ujung Pandang.
- [5] Sulistiyono, Dwi. 2011. *Perbandingan Metode Gauss-Siedel, Metode Newton Raphson, dan Metode Fast Decoupled dalam Solusi Aliran Daya*. Semarang: Univ. Diponegoro.
- [6] Multa, Lesnanto. 2013. *Modul Pelatihan ETAP; ETAP 11*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.