

PENYELESAIAN ALIRAN DAYA 37 BUS DENGAN METODE NEWTON RAPHSON (STUDI KASUS SISTEM INTERKONEKSI 150 kV SULAWESI SELATAN)

Muhammadi Ruswandi Djalal, Yudhi Leo Chandra ¹⁾,
Muhammad Yusuf Yunus, Herman Nauwir ²⁾

Abstract: Changing in structure systems although in power plants, it must be concerned, because if one of the components out of the system, will be followed by changes in power flow and voltage profile. Study of power flow becomes very necessary to analyze power flow that occurs in electric power systems, both now and for the planning system in the future. ETAP 4.0 (Electric Transient and Analysis Program) is a software that supports the power system. Iteration method (numerical) is one of the techniques to solve power flow studies, one of the method is Newton Raphson Method. The advantage of this method is more appropriate to calculate the power flow in systems with large numbers. From the results obtained with two study cases or two conditions that is used to power flow analyze, that is : normal conditions and with the installation of shunt capacitors on the bus who suffered critical voltage, where for Buses are experiencing critical voltage at Bosowa distribution bus of 10.438 kV or 94,9% and Tanjung Bunga distribution bus at 18.818 kV or 94,1%, whereas after the addition of shunt capacitors on Bosowa distribution Bus at 10.490 kV or 95,4 % and Tanjung Bunga distribution bus at 19.209 kV or 96,0 %. Total losses amounted to 7.483 MW, where the biggest losses are on the transmission line Barru to Pangkep, that is 950.6 kW. The greatest of Active Power (P) is 62.46 MW, which flows from bus 7 Barru to bus 8 Pangkep. The greatest of Reactive Power (Q) is 12.55 MVAR, which flows from Bus 26 Pangkep 70 kV to Bus 27 Tonasa 70 kV. The largest voltage Buses is Bus 22 Bone about 152,315 kV or 101,54 % for normal conditions and 152,893 kV or 101.93 % after the addition of the capacitor. Thus, analysis of the results it can be concluded that after the addition of a shunt capacitor, voltage improvement made to meet the standard operating voltage, because the minimum limit of PT.PLN standard is +5% and -5%.

Key Words: *Newton Raphson, Critical Voltage, Marginal Voltage, Losses, ETAP.*

I. PENDAHULUAN

Ada tiga studi yang sangat penting dalam sistem tenaga, yaitu studi aliran daya, studi hubung singkat dan studi stabilitas. Ketiga macam studi tersebut saling

¹ Alumni Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

terkait dan perlu untuk dilaksanakan secara berkala untuk menjamin kontinuitas pembangkitan dan penyaluran maupun pengoperasian yang terbaik.

Studi aliran daya adalah penentuan atau perhitungan tegangan, arus dan faktor daya atau daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jaringan listrik pada keadaan normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi dimasa yang akan datang. Studi aliran daya sangat penting dalam perencanaan pengembangan suatu sistem untuk masa yang akan datang, karena pengoperasian yang baik banyak tergantung pada diketahuinya efek interkoneksi dengan sistem tenaga yang lain, beban yang baru terpasang, stasiun pembangkit baru, serta saluran transmisi baru sebelum semuanya itu dipasang.

Sistem transmisi di Sulawesi Selatan menggunakan saluran transmisi udara dan tegangan 150 kV, melalui beberapa daerah pusat beban, yaitu : Makassar, Maros, Pangkep, Barru, Pare-Pare, Pinrang, dan Polewali.

Pengaliran daya pada saluran sistem tenaga listrik terjadi dari satu bus ke bus yang lain, dalam hal ini daya akan mengalir apabila ada beda tegangan antara bus, yaitu dari tegangan tinggi ke tegangan lebih rendah (Awaluddin,2007).

Penyaluran daya antara bus akan terlihat arus di mana adanya impedansi pada saluran yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Impedansi saluran pada penyaluran daya

Di mana :

$$P = \frac{|V_1|^2}{X} - \frac{|V_1||V_2|}{X} \cos(\delta_1 - \delta_2) \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = \frac{|V_1||V_2|}{X} \sin(\delta_1 - \delta_2) \dots\dots\dots (2)$$

Ada 3 macam bus dalam hal ini setiap bus mempunyai empat besaran dengan dua besaran diantaranya diketahui yakni:

Tabel 1. Besaran pada bus

Jenis Bus	Besaran	
	Diketahui	Dihitung
Slack/Swing	V, δ	P, Q
Beban	P, Q	δ, V
Generator	V, P	Q, δ

$$P_p = |V_p| \sum_{q=1,2,\dots,n}^N \left[G_{pq} \cos \delta_{pq} + B_{pq} \sin \delta_{pq} \right] |V_q| \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$Q_p = |V_p| \sum_{q=1,2,\dots,n}^N \left[G_{pq} \sin \delta_{pq} + B_{pq} \cos \delta_{pq} \right] |V_q| \quad \dots\dots\dots(4)$$

Metode Newton Raphson

Jika :

P = Fungsi dari V dan $\delta \rightarrow P = g(V, \delta)$

Q = Fungsi dari V dan $\delta \rightarrow Q = h(V, \delta)$

Jadi dapat dirumuskan :

$$\Delta P = \frac{\partial P}{\partial V} \Delta V + \frac{\partial P}{\partial \delta} \Delta \delta \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\Delta Q = \frac{\partial Q}{\partial V} \Delta V + \frac{\partial Q}{\partial \delta} \Delta \delta \quad \dots\dots\dots (6)$$

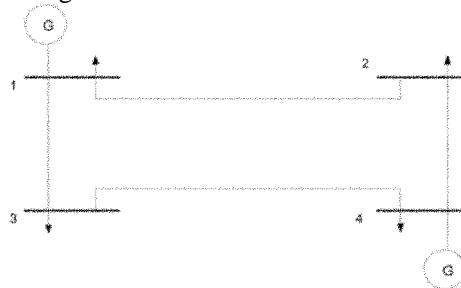
Dalam bentuk matriks :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial V} & \frac{\partial P}{\partial \delta} \\ \frac{\partial Q}{\partial V} & \frac{\partial Q}{\partial \delta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta V \\ \Delta \delta \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Sehingga dapat ditulis :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J1 & J2 \\ J3 & J4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta V \\ \Delta \delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J1 = \frac{\partial P}{\partial V} & J2 = \frac{\partial P}{\partial \delta} \\ J3 = \frac{\partial Q}{\partial V} & J4 = \frac{\partial Q}{\partial \delta} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Contoh sebuah system tenaga listrik 4 bus :

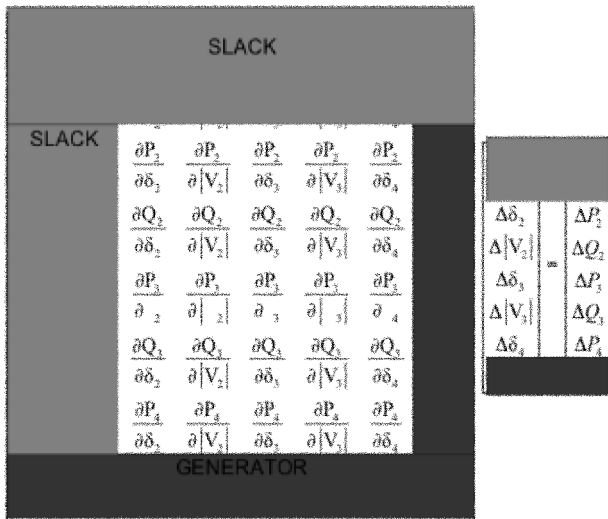


Gambar 2. Sistem tenaga listrik 4 bus

Bus 1 sebagai slack dan bus 4 sebagai bus generator, maka didapatkan formasi matriks jacobian :

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial \delta_1} & \frac{\partial P_1}{\partial |V_1|} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_1}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_1}{\partial |V_3|} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_4} & \frac{\partial P_1}{\partial |V_4|} \\ \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_1} & \frac{\partial Q_1}{\partial |V_1|} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_1}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_1}{\partial |V_3|} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_4} & \frac{\partial Q_1}{\partial |V_4|} \\ \frac{\partial P_2}{\partial \delta_1} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_1|} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_3|} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_4} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_4|} \\ \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_1} & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_1|} & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_3|} & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_4} & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_4|} \\ \frac{\partial P_3}{\partial \delta_1} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_1|} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_3|} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_4} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_4|} \\ \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_1} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_1|} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_3|} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_4} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_4|} \\ \frac{\partial P_4}{\partial \delta_1} & \frac{\partial P_4}{\partial |V_1|} & \frac{\partial P_4}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_4}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_4}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_4}{\partial |V_3|} & \frac{\partial P_4}{\partial \delta_4} & \frac{\partial P_4}{\partial |V_4|} \\ \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_1} & \frac{\partial Q_4}{\partial |V_1|} & \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_4}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_4}{\partial |V_3|} & \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_4} & \frac{\partial Q_4}{\partial |V_4|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_1 \\ \Delta |V_1| \\ \Delta \delta_2 \\ \Delta |V_2| \\ \Delta \delta_3 \\ \Delta |V_3| \\ \Delta \delta_4 \\ \Delta |V_4| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \Delta Q_1 \\ \Delta P_2 \\ \Delta Q_2 \\ \Delta P_3 \\ \Delta Q_3 \\ \Delta P_4 \\ \Delta Q_4 \end{bmatrix}$$

Maka :

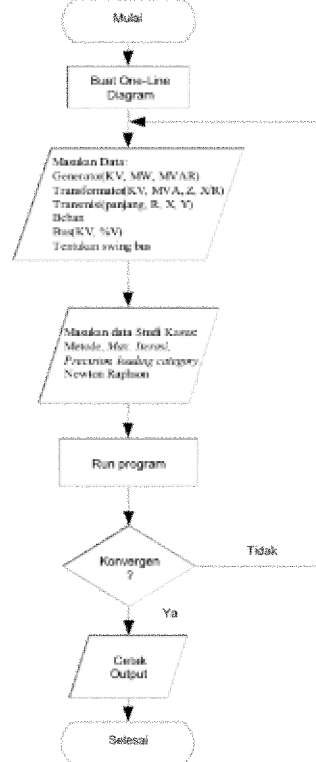


Sehingga dari matrik ukuran 5x5 di atas akan didapatkan sudut dan tegangan, perhitungan akan dilanjutkan dengan sudut dan tegangan yang baru setiap iterasinya.

II. METODE PENELITIAN

Data kelistrikan yang diperoleh dari system Sul-sel, kemudian dibuat dalam penyelesaiannya dengan menggunakan metode newton raphson yang sudah disiapkan oleh program ETAP.

Adapun prosedur penelitian seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir Studi Aliran daya

Data kelistrikan yang dibutuhkan, diperoleh dari AP2B PT.PLN (Persero) Wilayah Sul-Sel, dimana data yang dimaksud antara lain : Data penomoran bus kelistrikan sistem Sulsel, single line diagram sistem Sul-Sel, data pembangkitan (kV, MW, MVAR), data transformator (kV, MVA), data saluran transmisi sistem Sulsel (panjang,R, X, Y), data bus (kV, %), data beban sistem Sulsel (Data operasi beban puncak siang, Hari Jumat Tanggal 13 April 2012 Jam 14.00 Wita).

Diagram alir penelitian yang digunakan, dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk aliran daya, pertama membuat single line diagram sistem Sulawesi Selatan, lalu memasukkan data-data dari pembangkit, transformator, transmisi dan beban yang diperlukan, selanjutnya memilih Metode Newton Raphson pada study case ETAP. Menjalankan program ETAP untuk melihat hasil simulasi aliran daya, di mana sebelumnya telah ditentukan swing bus pada bus 1 Bakaru.

Tabel 2. Penomoran Bus Sistem Sul-Sel

Bus	Nama Bus	Bus	Nama Bus
1	Bakaru 150 kV	21	Sengkang 150 kV
2	Polmas 150 kV	22	Bone 150 kV
3	Majene 150 kV	23	Sinjai 150 kV
4	Pinrang 150 kV	24	Bulukumba 150 kV
5	Pare 150 kV	25	Jeneponto 150 kV
6	Suppa 150 kV	26	Pangkep 70 kV
7	Barru 150 kV	27	Tonasa3 70 kV
8	Pangkep 150 kV	28	Maros 150 kV
9	Bosowa 150 kV	29	Mandai 70 kV
10	Tello 150 kV	30	Daya 70 kV
11	Tello Lama 150 kV	31	Tello 70 kV
12	Panakukang 150 kV	32	Brongloe 70 kV
13	S.minasa 150 kV	33	T. Lama 70 kV
14	T. Bunga 150 kV	34	Bontoala 70 kV
15	Tallasa 150 kV	35	Tello A 30 kV
16	Sidrap 150 kV	36	Tello B 30 kV
17	Makale 150 kV	37	Barawaja 30 kV
18	Palopo 150 kV		
19	Mamuju 150 kV		
20	Soppeng 150 kV		

Tabel 3. Data Operasi 13 April 2012, Pukul 14.00

Unit	Pembangkit		Daya (MW)		MW
			Terpa sang	Mam pu	
P	Hidro	Bakaru#1	63	63	63

41 *Muhammad Ruswandi Djalal, Yudhi Leo Chandra, Muhammad Yusuf Yunus, Herman Nawir, Penyelesaian Aliran Daya 37 Bus dengan Metode Newton Raphson (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 kv Sulawesi Selatan)*

L N		Bakaru#2	63	63	63
		Bili ² #2	14,1	7,1	7,1
		Sawitto	1,7	0,33	0,33
	PLTU	Barru#1	50	46,8	45,2
	PLTD	Masamba	6,3	4,55	1,60
I P P	Hidro	Malea#2	-	3,60	3,55
		Tangka	10,0	8,00	3,50
	PLTG/ U	Skang GT#11	42,5	42,90	40,40
		Skang GT#12	42,5	42,50	39,80
		Skang GT#18	50,0	49,40	45,70
		Skang GT#21	60,0	59,00	53,10
	PLTD	Suppa	62,5	62,20	57,00
S E W A	PLTD	Bontoala HSD	10,0	10,10	10,00
		Sunggumunasa	30,0	12,18	11,85
		Matekko	11,0	9,14	9,13
		Pajalesang	18,0	14,20	14,00
		Cogindo	50,0	45,03	37,56
		Aggreko	22,0	19,50	19,40
		Pare-pare 1	10,0	10,06	10,04
		Pare-pare 2	10,0	10,12	10,06
Total Pembangkitan					545,32

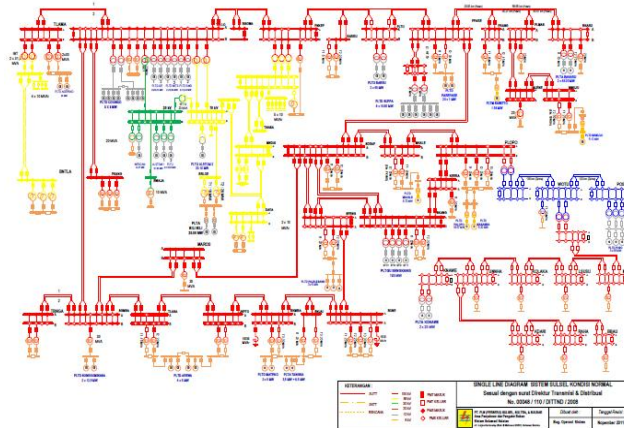
Tabel 4. Data operasi beban

Cabang	Lokasi GI	Daya (MVA)	Max (A)	Beban	
				MW	MVAR
MAKASSAR	BTALA	I – 20	600	8	-
		II – 20	600	8	-
		III – 30	900	14,80	-
	PKANG	I – 30	900	13,40	3,30
		II – 30	900	15,00	4,40
		III – 60	1800	28,40	8,10
	TLASA	I – 16	425	0,70	0,10
		II – 20	600	6,80	2,60
	SGMSA	I – 30	900	3,40	-
	TBNGA	II – 60	1800	30,50	12,70
	TELLO	II – 60	1800	38,00	15,20
	BRLOE	II – 20	600	3,30	-
	DAYA	I – 20	600	11,40	-
		II – 20	600	12,30	4,70
	TLAMA	I – 30	900	12,70	- 4,20
		II – 30	900	5,10	- 1,30
	MNDAI	I – 20	600	8,10	2,60
II – 20		600	10,90	-	
MAROS	30	900	5,00	2,20	
PNKEP	II – 30	900	14,70	7,20	
PARE – PARE	BARRU	I – 20	600	4,54	1,35
	PPARE	II – 30	900	8,30	0,10
	SPENG	II – 30	900	6,40	7,10
	SDRAP	II – 30	900	13,20	6,30
PINRANG	PRANG	I – 15	412	3,90	2,20

43 *Muhammad Ruswandi Djalal, Yudhi Leo Chandra, Muhammad Yusuf Yunus, Herman Nawir, Penyelesaian Aliran Daya 37 Bus dengan Metode Newton Raphson (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 kv Sulawesi Selatan)*

		II – 16	425	6,80	- 4,40
	BKARU	20	600	2,30	0,20
MAMUJU	PWALI	20	600	6,90	2,50
	MJENE	I – 20	600	5,40	1,80
	MMUJU	I – 20	600	8,20	2,00
WATAMPONE	SKANG	II – 30	900	12,50	5,80
	BONE	I – 20	600	4,00	1,70
		II – 20	600	10,50	4,20
BULUKUMBA	SINJAI	20	600	6,00	4,10
	BK MBA	I – 20	600	3,10	1,40
	JENPT	20	600	10,40	3,70
PALOPO	MKALE	20	600	3,90	1,70
	PLOPO	I – 20	600	13,80	5,30
		II – 20	600	9,10	1,80
BEBAN INDUSTRI	TNSA3	36	MW	40,20	23,40
	BSOWA	40	MW	20,19	11,18
	INDFOD	10	MW	6,44	-
	BWAJA	10	MW	5,6	-
Total Beban				462,17	141,03

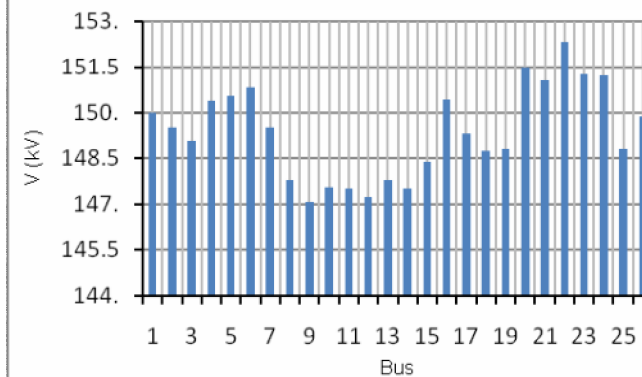
III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Single Line Diagram SULSEL

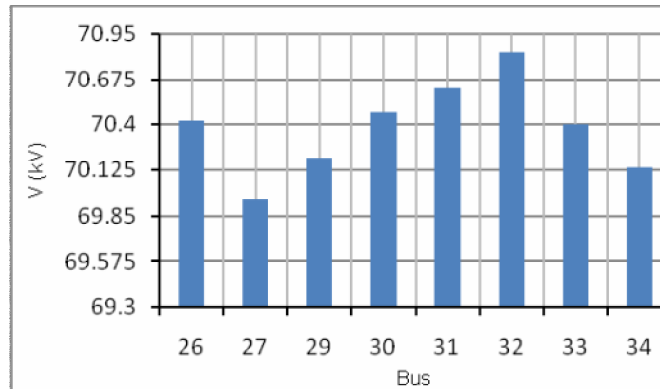
A. Kondisi Sistem Normal

- Total daya aktif sebesar 440,673 MW, di mana daya aktif yang paling besar, yaitu 62,46 MW dari BUS7 Barru ke BUS8 Pangkep.
- Bus Loading terbesar terdapat pada Bus tonasa, dengan daya aktif 36,637 MW.
- Jumlah losses yang didapat sebesar 7,483 MW, di mana losses terbesar terdapat saluran transmisi Barru ke Pangkep yaitu sebesar 950,6 kW.
- Berikut tegangan yang didapatkan pada masing-masing bus sistem interkoneksi Sul-Sel, sedangkan untuk Bus 30 kV tegangan terbesar terdapat pada BUS35_TELLO30A sebesar 29,43 kV atau 98,1% dan tegangan terkecil terdapat pada BUS37_BWAJA sebesar 29,214 kV atau 97,38%.



Gambar 5. Hasil perhitungan tegangan pada Bus 150 kV Sistem Sul-Sel

45 *Muhammad Ruswandi Djalal, Yudhi Leo Chandra, Muhammad Yusuf Yunus, Herman Nawir, Penyelesaian Aliran Daya 37 Bus dengan Metode Newton Raphson (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 kv Sulawesi Selatan)*



Gambar 6. Hasil perhitungan tegangan pada Bus 70 kV Sistem Sul-Sel
Tabel 5. Losses pada saluran transmisi Sul-Sel

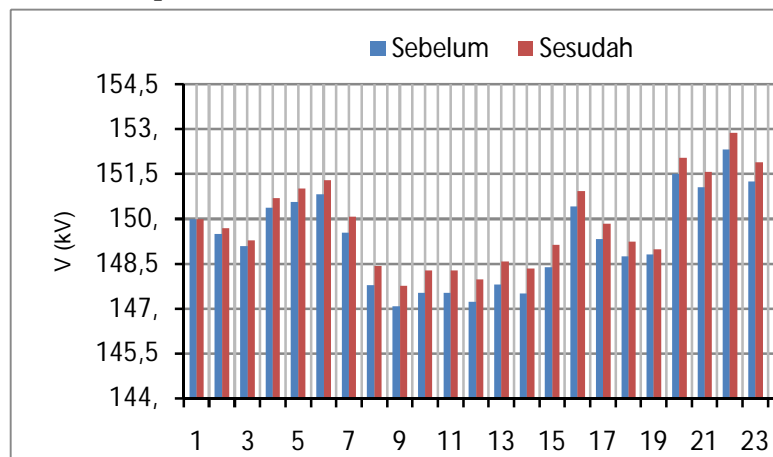
Transmisi	Losses	
	kW	kVar
Mros-Sgmsa (1&2)	382,7	-922,1
Sdrp - Mros (1&2)	98,3	-228,3
Bkru - Pinrang	7,7	-874,5
Bkru - Polmas	36,6	-541,3
Plmas-Mjne (1&2)	11,7	-626,6
Plmas-Pare	27,0	-1704,2
Mjne-Mmju (1&2)	4,3	-650,1
Pnrang-Pare	6,8	-654,9
Pare-Barru	109,4	-733,9
Pare-Pangkep	858,8	852,1
Pare-Sidrap (1&2)	4,9	-208,7
Suppa-Pare (1&2)	32,3	-111,1
Barru-Pangkep	950,6	2301,3
Pangkep-Bosowa	87,7	-119,6
Pangkep-Tello	78,4	-809,3

Bosowa–Tello	16,8	-590,6
Tello–Pnkng (1&2)	38,0	-147,4
Tello–Sgmsa (1&2)	32,9	7,4
Tello–T.Lama (1&2)	3,3	-205,9
Sgmnsa–T.Bnga (1&2)	8,5	-166,9
Tllasa–Sgminsa (1&2)	12,2	-574,1
Jnepnto–Tllasa (1&2)	12,6	-355,6
Sdrp–Sngkg (1&2)	257,5	640,4
Sdrp–Mkale (1&2)	24,0	-2326,5
Sdrp–Sppeng (1&2)	35,8	-782,9
Mkle – Plopo (1&2)	15,6	-388,3
Sppeng–Bone (1&2)	202,8	-200,8
Sppeng–Sngkng (1&2)	127,8	-146,4
Bone–Bulukumba	251,8	-1168,3
Bone – Sinjai	155,6	-592,8
Sinjai – Bulukumba	99,8	-556,3
Jnpnto–Blkmba (1&2)	143,7	-159,0
Pngkp70–Mndai (1&2)	30,1	-43,6
Pngkp70–Tnsa70 (1&2)	80,6	98,7
Mandai – Daya	11,8	-27,9
Mandai – Tello70	61,0	62,4
Daya – Tello70	152,0	229,3
Tello70 – Borongloe	8,4	-34,7
T.Lama–Bntala (1&2)	25,7	-2,3
Tello30 – Barawaja	36,0	42,7

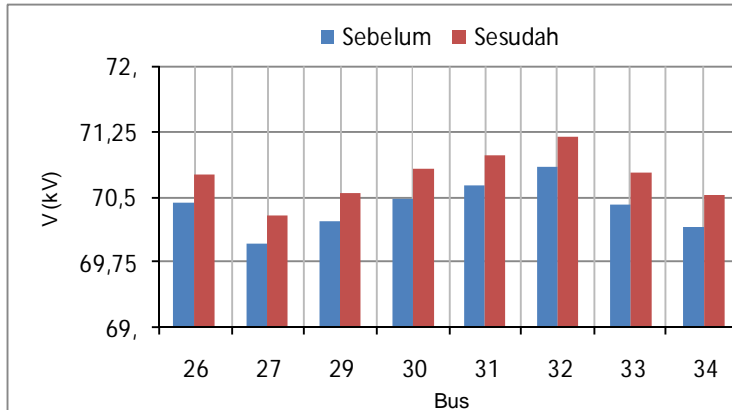
Tabel 6. Bus Critical Voltage Condition

ID	RATING (kV)	Tegangan		Kondisi
		(kV)	(%)	
BD_BSWA	11	10,438	94,9	<i>UnderVoltage</i>
BD_TBGA	20	18,818	94,1	<i>UnderVoltage</i>

B. Penambahan Kapasitor Shunt



Gambar 7. Sebelum dan setelah penambahan kapasitor shunt 5 MVAR pada Bus 150 kV



Gambar 8. Tegangan sebelum dan setelah penambahan kapasitor shunt 5 MVAR pada Bus 70 kV

Tabel 7. Bus *Critical Voltage Condition* setelah penambahan kapasitor shunt

ID	kV	kV		%		Kondisi
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	
BD_BOSOWA	11	10,438	10,490	94,9	95,4	<i>UnderVoltage</i>
BD_TBNGA	20	18,818	19,209	94,1	96,0	<i>UnderVoltage</i>

Dari hasil penambahan kapasitor shunt sebesar 5 MVAR pada gardu distribusi tanjung bunga, didapatkan profil tegangan pada gardu tersebut yang meningkat dari *Critical Voltage Condition* menjadi *Marginal Voltage Condition*, di mana pada gardu distribusi tanjung bunga yang sebelumnya 18,818 kV atau sebesar 94,1 % dari rating voltage, setelah penambahan kapasitor meningkat menjadi 19,209 kV atau sebesar 96 % dari rating voltage, sehingga diperoleh peningkatan tegangan sebesar 0,391 kV. Sementara pada gardu distribusi bosowa yang sebelumnya 10,438 kV atau sebesar 94,9 % dari rating voltage, setelah penambahan kapasitor shunt meningkat menjadi 10,490 kV atau sebesar 95,4 % dari rating voltage, sehingga diperoleh peningkatan tegangan sebesar 0,052 kV.

Setelah penambahan kapasitor shunt peningkatan tegangan membuat tegangan sudah memenuhi standar operasi.

49 *Muhammad Ruswandi Djalal, Yudhi Leo Chandra, Muhammad Yusuf Yunus, Herman Nawir, Penyelesaian Aliran Daya 37 Bus dengan Metode Newton Raphson (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 kv Sulawesi Selatan)*

IV. KESIMPULAN

1. P terbesar yakni 62,46 MW mengalir dari Bus 7 Barru ke Bus 8 Pangkep.
2. Q terbesar yakni 12,55 MVAR mengalir dari Bus 26 Pangkep 70 kV ke Bus 27 Tonasa 70 kV.
3. Total rugi-rugi/Losses sebesar 7,483 MW, di mana losses terbesar terdapat saluran transmisi Barru ke Pangkep yaitu sebesar 950,6 kW.
4. Tegangan terbesar terdapat pada Bus 22 Bone yakni 152,315 kV atau 101,54% untuk kondisi normal dan 152,893 kV atau 101,93% setelah penambahan kapasitor.
5. Critical Voltage Condition terdapat pada Bus Distribusi Bosowa sebesar 10,438 kV atau 94,9 %
6. dan Bus Distribusi Tanjung Bunga sebesar 18,818 kV atau sebesar 94,1 % mengalami Undervoltage Condition.
7. Setelah penambahan kapasitor shunt peningkatan tegangan membuat tegangan sudah memenuhi standar operasi.

V. DAFTAR PUSTAKA

AP2B PT. PLN (Persero) Sulawesi Selatan, "*Data Sistem Jaringan Transmisi 150 kV*", Maret 2012.

Awaluddin. 2007. "*Desain Simulasi Aliran Daya Untuk Praktikum Transmisi Dan Distribusi Teknik Energi*". Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Help program, Electric Transient Analyzer Program, Versi 4.0.

Idris, Ir. Kamal, 1994. "*Analisis Sistem Tenaga Listrik (William D. Stevenson, Jr, Elements of Power System Analysis, 4th Edition, McGraw-Hill, Inc)*". Erlangga., Jakarta.

Wilhelmina S.Y.M Sawai.2008. "*Studi Aliran Daya Sistem Jawa-Bali 500 kV Tahun 2007-2011*". Depok : Fakultas Teknik Universitas Indonesia