

Penyelesaian Aliran Daya 37 Bus Dengan Metode Newton Raphson (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 Kv Sulawesi Selatan)

Muhammad Ruswandi Djalal ¹⁾, Machrus Ali²⁾

¹⁾Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang

²⁾Teknik Elektro, Universitas Darul ‘Ulum Jombang

¹⁾wandy7kun@gmail.com, ²⁾machrus7@gmail.com

ABSTRAK

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. 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, %) Study aliran daya sangat diperlukan untuk menganalisa kinerja sistem baik saat ini maupun untuk masa yang akan datang. Dari hasil yang didapat dengan studi kasus yang digunakan untuk aliran daya ada dua, yaitu : kondisi normal dan dengan pemasangan kapasitor shunt pada bus yang mengalami critical voltage, di mana untuk Bus yang mengalami critical voltage terdapat pada Bus distribusi bosowa sebesar 10,438 kV atau 94,9 % dan Bus distribusi tanjung bunga sebesar 18,818 kV atau 94,1 kV, sedangkan setelah penambahan kapasitor shunt pada Bus distribusi bosowa sebesar 10,490 kV atau 95,4 % dan pada Bus distribusi tanjung bunga sebesar 19,209 kV atau 96,0 %. Jumlah losses sebesar 7,483 MW.

Kata Kunci : *Newton Raphson, Critical Voltage, Marginal Voltage*

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

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tabel Besaran pada bus

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

a. Metode Gauss

$$V_k^{(i+1)} = \frac{1}{Y_{kk}} \left[I_k - \sum_{n=1}^{k-1} Y_{kn} \cdot V_n^{(i)} - \sum_{n=k+1}^N Y_{kn} \cdot V_n^{(i)} \right] \quad (1)$$

b. Metode Gauss Seidel

$$V_k^{(i+1)} = \frac{1}{Y_{kk}} \left[\frac{P_k - jQ_k}{V_k^*} - \sum_{n=1}^{k-1} Y_{kn} \cdot V_n^{(i+1)} - \sum_{n=k+1}^N Y_{kn} \cdot V_n^{(i)} \right] \quad (2)$$

c. Metode Newton Raphson

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J1 & J2 \\ J3 & J4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta V \\ \Delta \delta \end{bmatrix} \quad \left\{ \begin{array}{l} J1 = \frac{\partial P}{\partial V} \quad J2 = \frac{\partial P}{\partial \delta} \\ J3 = \frac{\partial Q}{\partial V} \quad J4 = \frac{\partial Q}{\partial \delta} \end{array} \right\} \quad (3)$$

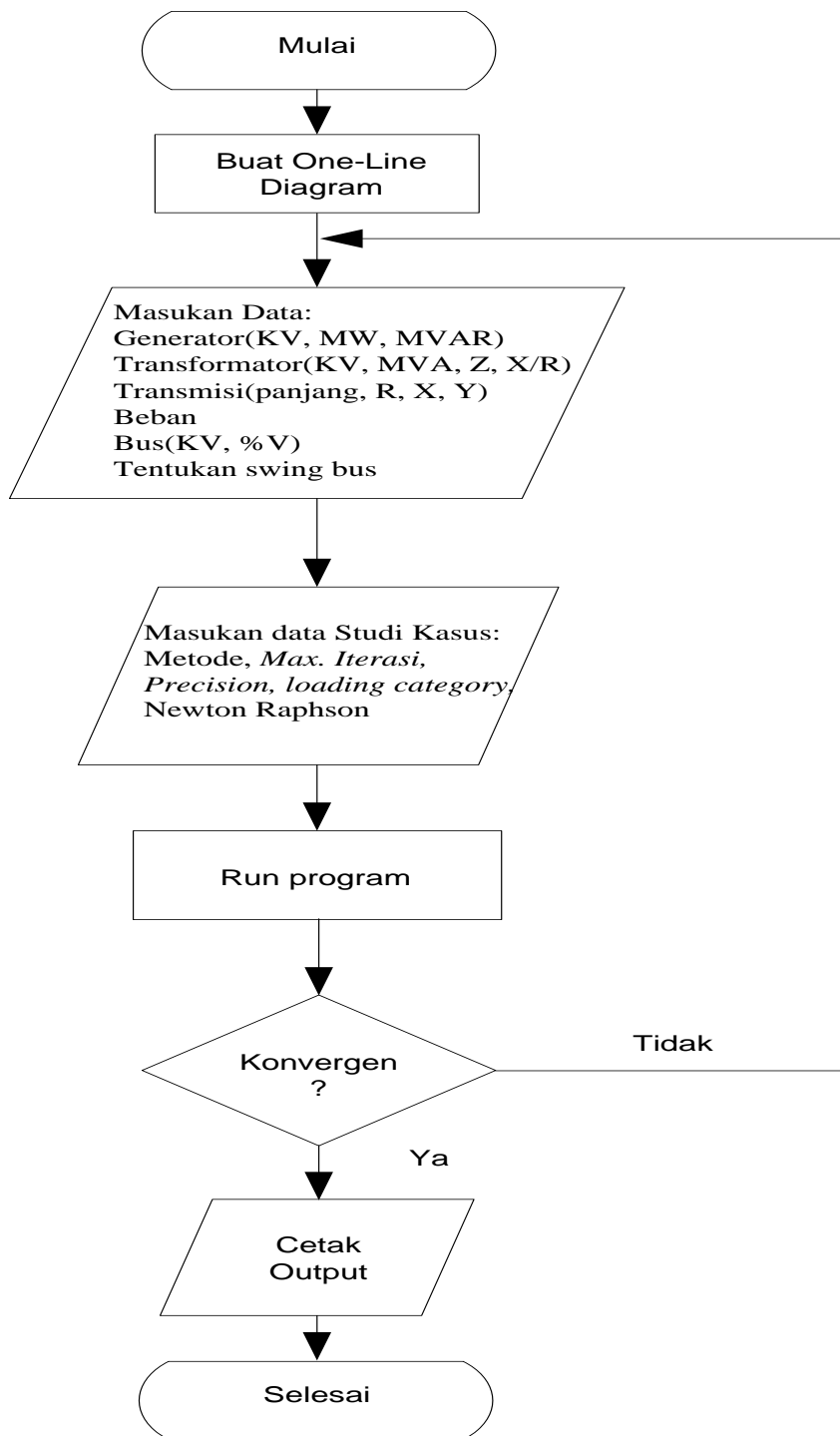
d. Metode Fast - Decouple

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \delta} \\ \frac{\partial Q}{\partial V} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta V \\ \Delta \delta \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J2 \\ J3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta V \\ \Delta \delta \end{bmatrix} \quad (4)$$

III. METODE PENELITIAN

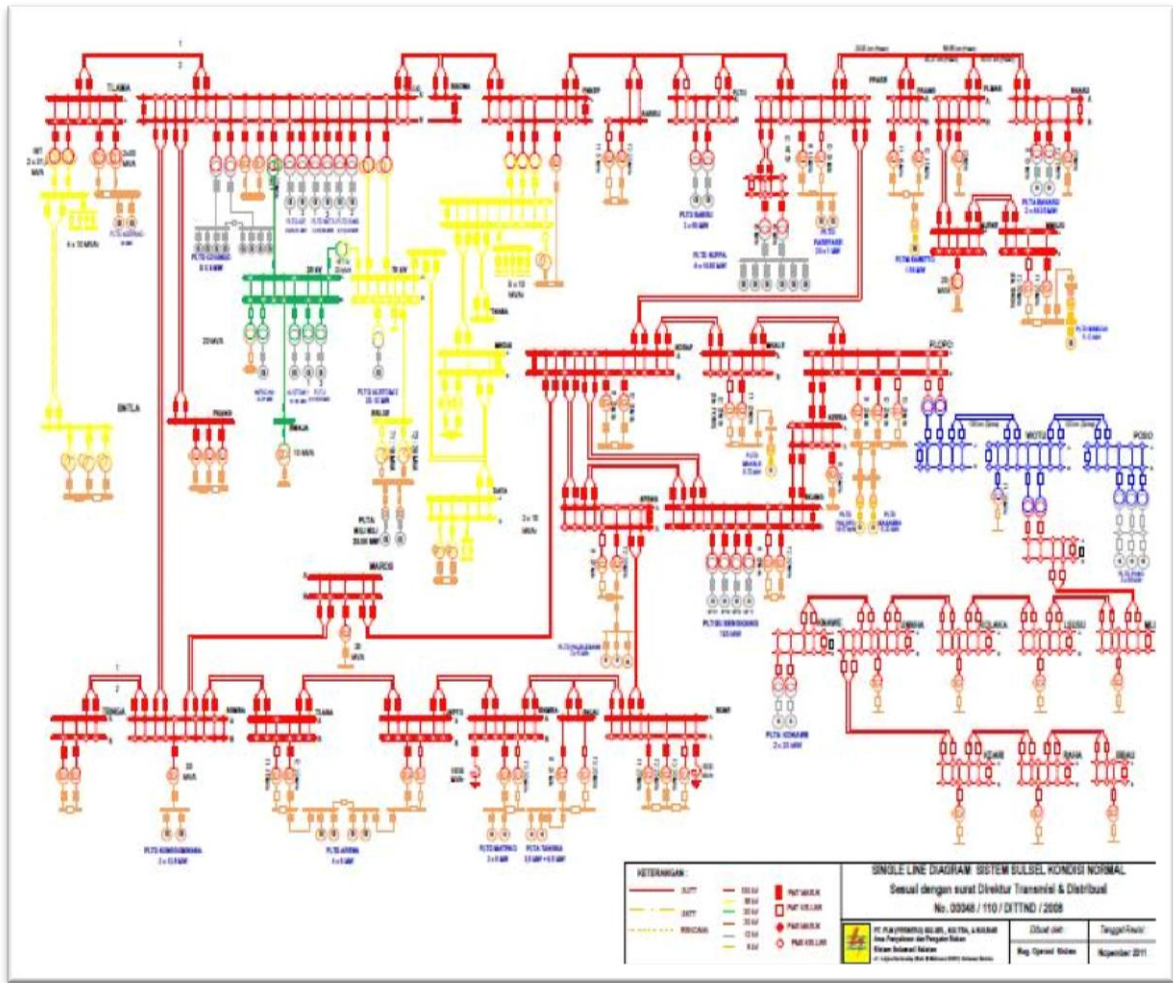
Data kelistrikan yang dibutuhkan, diperoleh dari AP2B PT.PLN (Persero) Wilayah Sul-Sel, dimana data yang dimaksud antara lain : Data penomoran bus kelistrikan sistem Sulsel, single line diagram sistem Sul-Sel, data pembangkitan (kV, MW, MVAR), data transformator (kV, MVA), data saluran transmisi sistem 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, dimana sebelumnya swing bus pada bus Bakaru



Gambar 1 Diagram alir Studi Aliran daya

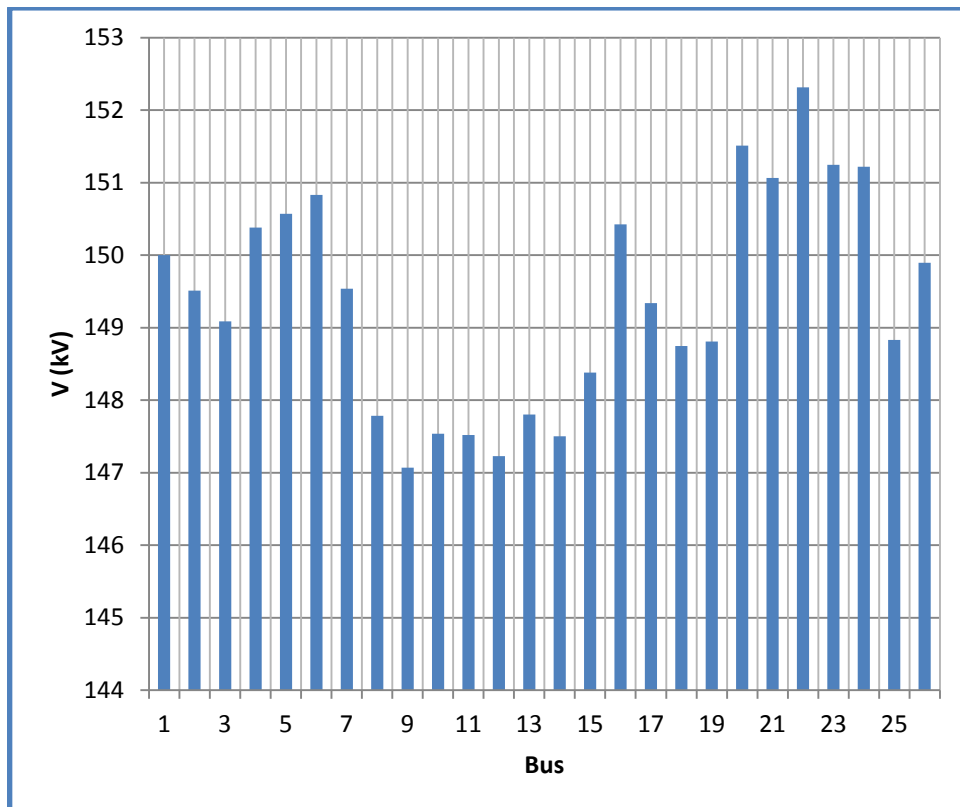
IV. HASIL DAN ANALISA



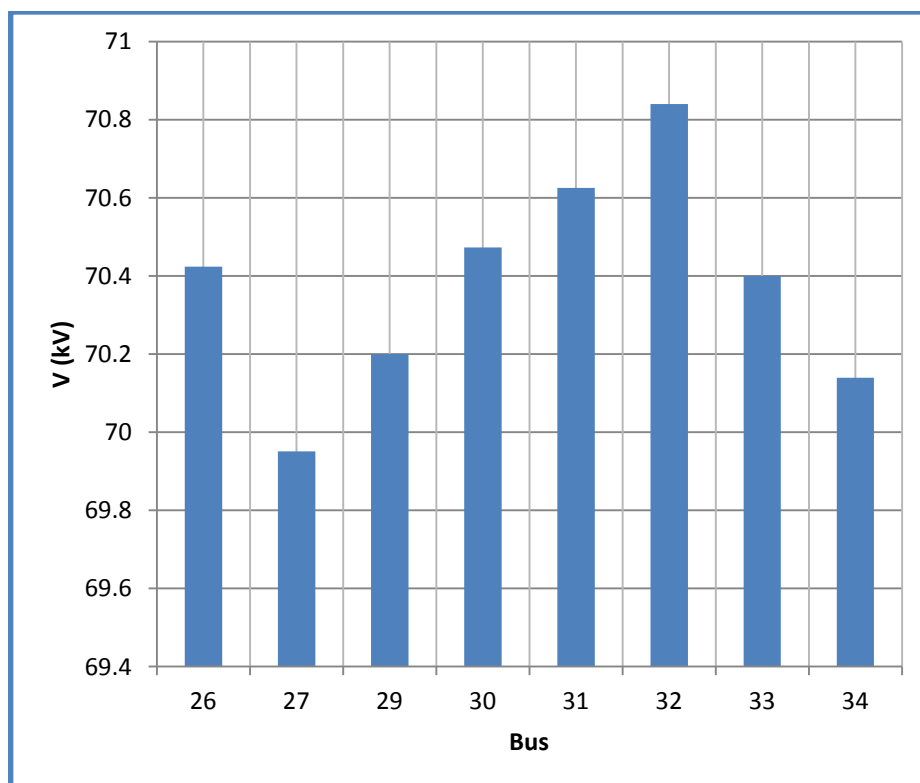
Gambar 2 Single Line Diagram SULSEL

1. 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 3 Hasil perhitungan tegangan pada Bus 150 kV Sistem Sul-Sel



Gambar 4 Hasil perhitungan tegangan pada Bus 70 kV Sistem Sul-Sel

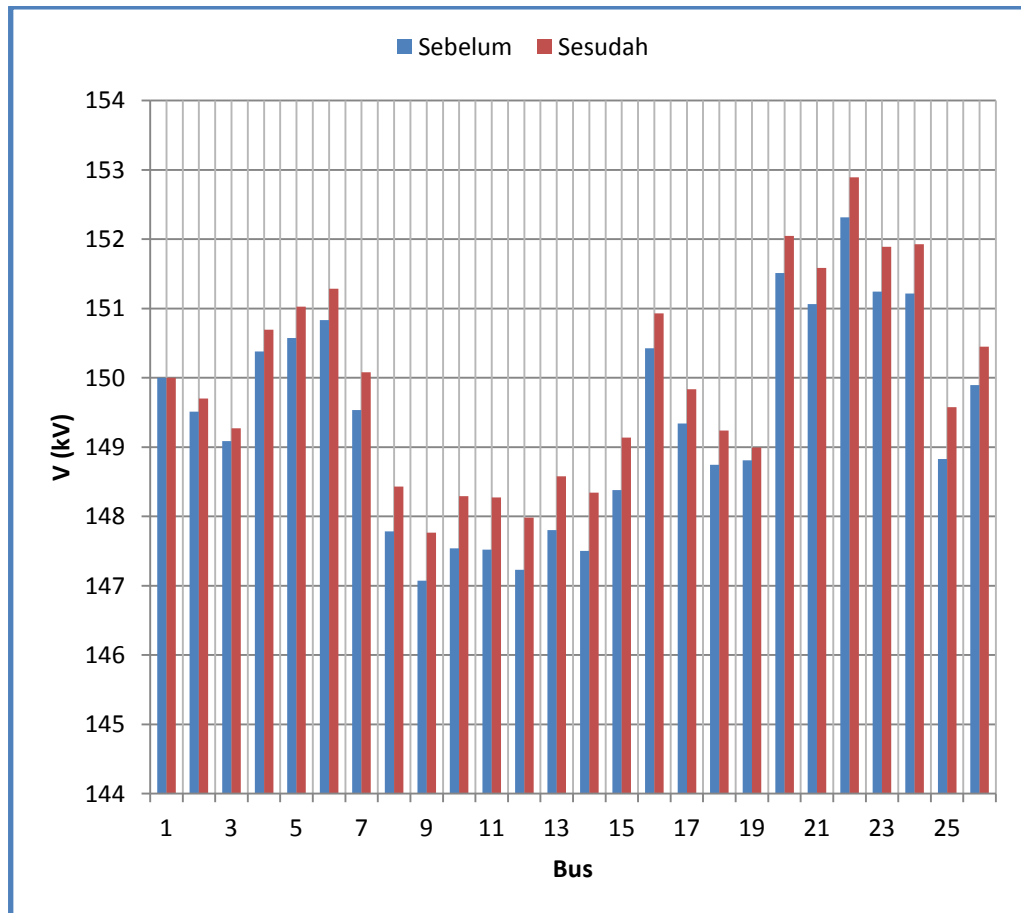
Tabel Losses pada saluran transmisi Sul-Sel

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

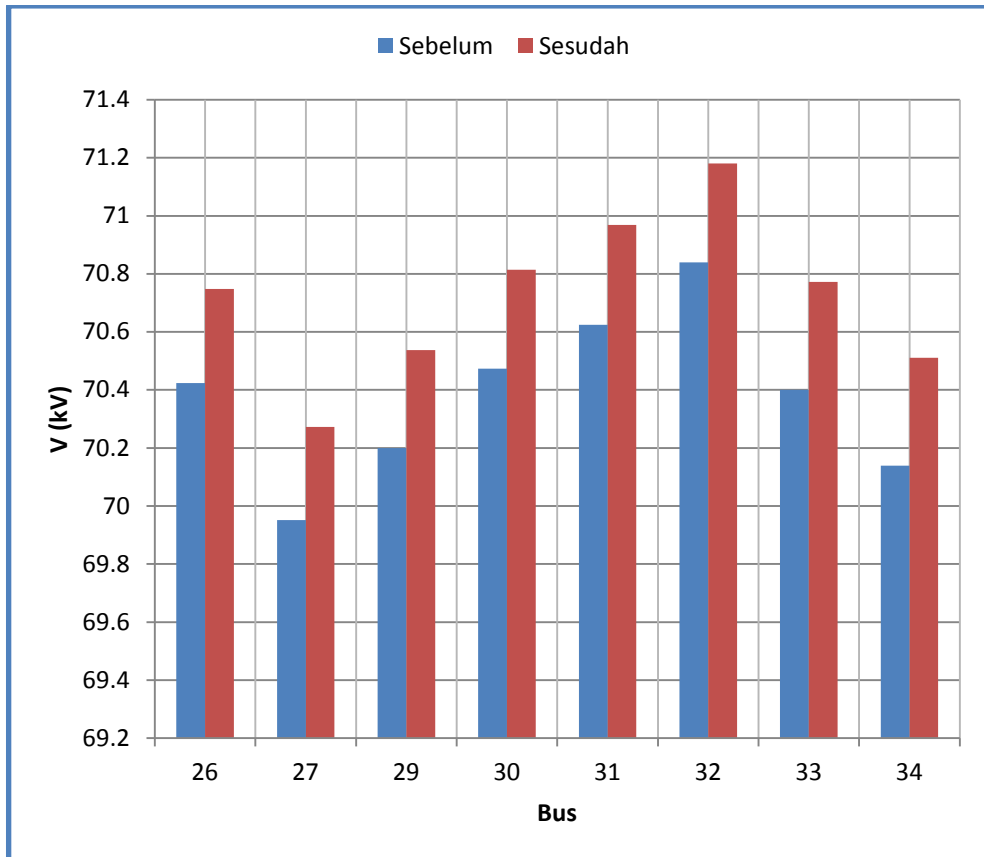
Tabel Bus Critical Voltage Condition

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>

1. Penambahan Kapasitor Shunt



Gambar 5 sebelum dan setelah penambahan kapasitor shunt 5 MVAR pada Bus 150 kV



Gambar 6 sebelum dan setelah penambahan kapasitor shunt 5 MVAR pada Bus 70 kV

Tabel Bus *Critical Voltage Condition* setelah penambahan kapasitor shunt

ID	RATING (kV)	Tegangan (kV)		Tegangan (%)		Kondisi
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	
BD_BOS OWA	11	10,438	10,490	94,9	95,4	<i>Under Voltage</i>
BD_TBN GA	20	18,818	19,209	94,1	96,0	<i>Under Voltage</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.

V. 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 % dan Bus Distribusi Tanjung Bunga sebesar 18,818 kV atau sebesar 94,1 % mengalami Undervoltage Condition.
6. Setelah penambahan kapasitor shunt peningkatan tegangan membuat tegangan sudah memenuhi standar operasi.

VI. 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
- Ali, M.; Ajiatmo, D.; Nurohmah, H. Analisa Kontrol Daya Induction Furnace Pada Industri Peleburan Logam. *Jurnal Intake : Jurnal Penelitian Ilmu Teknik dan Terapan* 2011, 2, 1-14.