

# ANALISIS ALIRAN DAYA DAN GANGGUAN PADA JARINGAN TRANSMISI SISTEM INTERKONEKSI SULSELBAR 2015 MENGGUNAKAN POWER WORLD SIMULATOR

Makmur Saini, Muh. Yusuf Yunus<sup>1)</sup>, Yusmar, Muhakkir<sup>2)</sup>

**Abstrak:** Sistem tenaga listrik selalu berkembang mengikuti kemajuan jaman. Semakin berkembangnya sistem berarti semakin tingginya konsumsi tenaga di wilayah tersebut. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui besaran tegangan, daya aktif dan daya reaktif yang mengalir pada system interkoneksi Sulselrabar dengan menggunakan software *PowerWorld Simulator*. Metode penelitian ini menggunakan *PowerWorld Simulator* sebagai *software* untuk simulasi Aliran daya dan hubung singkat yang dapat di tampilkan secara visual. Hasil analisis aliran daya untuk sistem dalam keadaan normal adalah Aliran daya aktif (P) terbesar yakni pada Bus\_Tallasa ke Bus\_Sungguminasa sebesar 189,8 MW dan yang terkecil yakni dari Bus\_Daya ke Bus\_Mandai sebesar 1,5 MW. Sedangkan aliran daya reaktif (Q) terbesar yakni pada Bus\_PGaya ke Bus\_Tallasa sebesar -173,40 MVar dan yang terkecil yakni dari Bus\_Polmas ke Bus\_Pare-Pare sebesar -1 Mvar. Hasil simulasi aliran daya menggunakan *PowerWorld Simulator* tersebut mendekati dengan data aliran daya PT PLN. Untuk analisis gangguan hubung singkat, arus terbesar terjadi pada hubung singkat tiga fasa yakni jaringan Bus\_Sidrap ke Bus\_Pare-Pare dengan besar arus 7.529,79A. Sedangkan yang terkecil terjadi pada simulasi gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah yakni pada jaringan Bus\_Pamona 150 ke Bus\_GI Poso dengan besar arus 46,59 A.

**Kata Kunci:** Aliran daya, gangguan hubung singkat, *Power World Simulator*.

## I. PENDAHULUAN

Daya listrik memberikan peran sangat penting dalam kehidupan masyarakat serta dalam pengembangan berbagai sektor ekonomi.

Untuk meningkatkan kinerja dalam optimalisasi serta keandalan pada sistem tenaga listrik dibutuhkan beberapa perlakuan diantaranya yakni analisis aliran daya dan gangguan hubung singkat.

Analisis aliran daya dibutuhkan untuk menentukan kondisi operasi sistem tenaga dalam keadaan baik, melalui pemecahan persamaan aliran daya tetap pada

---

<sup>1</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>2</sup> Alumni Program D4 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

jaringan. Tujuan utama studi aliran daya adalah untuk menentukan magnitudo tegangan, sudut tegangan, aliran daya aktif dan daya reaktif pada saluran lain, serta rugi-rugi transmisi yang muncul dalam sistem tenaga listrik. Studi aliran daya seringkali dipakai sebagai studi dalam berbagai keperluan sistem tenaga listrik dan dibutuhkan pada hampir semua tingkat perencanaan, optimisasi, operasi, dan kontrol sistem tenaga listrik.

Gangguan pada sistem tenaga listrik yakni dapat terjadi pada bus maupun pada saluran udara. Tujuan dari studi gangguan ialah menganalisa kontribusi arus gangguan hubung singkat simetris maupun tak simetris yang mungkin mengalir pada setiap cabang didalam sistem (di jaringan distribusi, transmisi, transformator tenaga atau dari pembangkit) sewaktu gangguan yang mungkin terjadi didalam sistem tenaga listrik. Gangguan hubung singkat dalam sistem tenaga listrik mempunyai karakteristik transient yang harus dapat diatasi oleh peralatan pengaman.

Program Power World Simulator versi 16 (educational version), dapat digunakan untuk permasalahan analisis sistem tenaga listrik dengan pendekatan visualisasi. Pada beberapa kasus analisa, Power World Simulator mampu melakukan analisa-analisa khusus karena dilengkapi dengan modul-modul tambahan seperti analisis analisis hubung singkat, analisis kontingensi dan lain-lain. Semua aplikasi ini dapat diakses dengan mudah melalui fasilitas antar muka yang tervisualisasi.

**A. Persamaan Aliran Daya**

Persamaan aliran daya dapat kita turunkan dengan memperhatikan arus yang mengalir ke saluran transmisi di setiap bus (tidak termasuk arus ke beban langsung). Untuk bus ke-*i* dalam sistem dengan *n* bus, kita dapatkan:

$$\bar{I}_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} \bar{V}_j \tag{1}$$

$j = 1, 2, \dots, i, \dots, n;$

$Y_{ij} = |Y_{ij}| \angle \theta_{ij}; \theta_{ij} =$  Sudut fasa admitansi antara bus-*i* dan *j*

$\bar{V}_j = |V_j| \angle \delta_j; \delta_j =$  sudut fasa tegangan di *j*

Dengan persamaan (1) ini kita dapat menghitung daya dari bus-*i* yang menuju saluran transmisi, yaitu:

$$S_i = \bar{V}_i \bar{I}_i^* = P_i + jQ_i \rightarrow P_i - jQ_i = \bar{V}_i^* \bar{I}_i \tag{2}$$

$$P_i - jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{j=1}^n \left( |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \right)$$

$$P_i = |V_i| \left( \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \cos(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \right) \text{ dan}$$

$$Q_i = -|V_i| \left( \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \sin(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \right) \quad (3)$$

Perhatikan bahwa  $S_i$  adalah daya yang mengalir ke saluran transmisi. Hubungan dengan daya generator bisa diperoleh melalui:

$$S_i = P_i - jQ_i = S_{Gi} - S_{Bi}$$

Sehingga,

$$P_{Gi} - P_{Bi} = |V_i| \left( \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \cos(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \right) \text{ dan}$$

$$Q_{Gi} - Q_{Bi} = -|V_i| \left( \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \sin(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \right) \quad (4)$$

Persamaan (4) adalah dua persamaan yang kita peroleh untuk setiap bus- $i$ . Dalam persamaan ini terdapat enam besaran pengubah yang terkait dengan bus yang bersangkutan, yaitu:

$$P_{Gi}, Q_{Gi}, P_{Bi}, Q_{Bi}, V_i, \text{ dan } \delta_i \quad (5)$$

## B. Metode Newton Raphson

Persamaan Dengan Dua Pengubah

Sepasang persamaan dengan dua pengubah kita tuliskan sebagai:

$$p(x, y) = P$$

$$q(x, y) = Q$$

Dengan  $P$  dan  $Q$  adalah tetapan. Kita harus melakukan iterasi untuk dua pengubah  $x$  dan  $y$ . Dugaan solusi awal memberikan persamaan :

$$\Delta p^0 = P - p(x^0, y) = (\partial p / \partial x)^0 \Delta x^0 + (\partial p / \partial y)^0 \Delta y^0$$

$$\Delta q^0 = Q - q(x^0, y) = (\partial q / \partial x)^0 \Delta x^0 + (\partial q / \partial y)^0 \Delta y^0$$

yang dapat kita tuliskan dalam bentuk matriks :

$$\begin{bmatrix} \Delta p \\ \Delta q \end{bmatrix}^0 = \begin{bmatrix} \partial p / \partial x & \partial p / \partial y \\ \partial q / \partial x & \partial q / \partial y \end{bmatrix}^0 \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}^0 = J^0 \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}^0 \quad (8)$$

Matriks 2x2 turunan parsial terhadap  $x$  dan  $y$  disebut *Jacobian* dan dinyatakan dengan simbol  $J$ . Apabila  $\Delta p_0$  dan  $\Delta q_0$  tidak bernilai nol maka:

$$\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}^0 = (J^{-1})^0 \begin{bmatrix} \Delta p \\ \Delta q \end{bmatrix}^0 \quad (9)$$

Inilah persamaan untuk menentukan besar koreksi yang harus dilakukan setelah kita membuat dugaan awal. Dengan persamaan (9) ini dapat dihitung  $\Delta x_0$  dan  $\Delta y_0$  sehingga dapat diperoleh  $x_1$  dan  $y_1$  guna iterasi selanjutnya.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}^1 = \begin{bmatrix} x + \Delta x \\ y + \Delta y \end{bmatrix}^0 \quad (10)$$

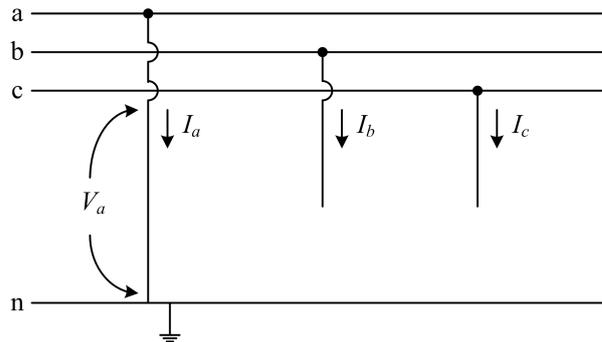
Persamaan (10) ini adalah langkah iterasi ke-1. Secara umum, pada langkah ke- $k$  kita mempunyai identitas dan persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 1). \begin{bmatrix} \Delta p \\ \Delta q \end{bmatrix}^k &= \begin{bmatrix} P - p(x) \\ P - p(y) \end{bmatrix}^k; \\ 2). \begin{bmatrix} \Delta p \\ \Delta q \end{bmatrix}^k &= J^k \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}^k; \\ 3). J^k &= \begin{bmatrix} \partial p / \partial x \\ \partial p / \partial y \end{bmatrix}^k; \\ 4). \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}^k &= (J^{-1})^k \begin{bmatrix} \Delta p \\ \Delta q \end{bmatrix}^k \end{aligned} \quad (11)$$

Kita perhatikan persamaan ini, persamaan pertama dari persamaan (11) yang berupa identitas akan menentukan perlu tidaknya dilakukan koreksi (iterasi) lagi terhadap hasil perhitungan sebelumnya. Sehingga persamaan pertama tersebut disebut *corrective force*. Identitas ini menjadi ruas kiri persamaan ke-dua yang terkait dengan koreksi pengubah yang harus dilakukan melalui *Jacobian* <sup>$J^k$</sup>  yang nilainya diberikan oleh persamaan ke-tiga. Besar koreksi yang harus dilakukan diberikan oleh persamaan ke-empat. Setelah koreksi dilakukan, kita kembali pada persamaan pertama untuk melihat perlu tidaknya iterasi dilanjutkan lagi.

### C. Gangguan Satu Fasa ke Tanah

Untuk gangguan ini dapat dianggap fasa  $a$  mengalami gangguan dapat digambarkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Gangguan Satu Fasa ke Tanah

Kondisi terminalnya sebagai berikut :

$$I_b = 0 ; I_c = 0 ; V_a = 0$$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (12)$$

$$I_a = \frac{3 V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (13)$$

Keterangan :

$I_f$  = Arus gangguan

$V_f$  = Tegangan fasa di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan

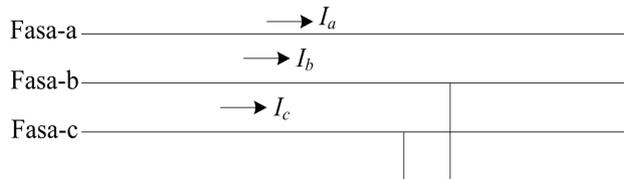
$Z_0$  = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan

$Z_1$  = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

$Z_2$  = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan

#### D. Gangguan Dua Fasa ke Tanah

Pada gangguan hubung singkat fasa ke fasa, arus saluran tidak mengandung komponen urutan nol dikarenakan tidak ada gangguan yang terhubung ke tanah.



Gambar 2. Hubung singkat dua fasa

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \quad (14)$$

Keterangan :

$I_{a1}$  = Arus gangguan

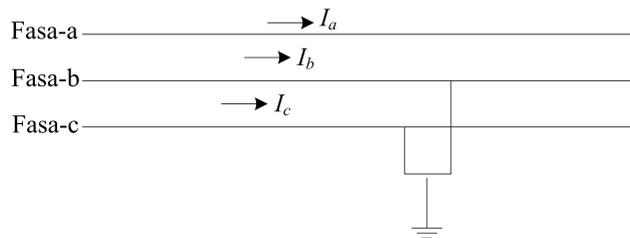
$V_f$  = Tegangan antar fasa di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan

$Z_1$  = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

$Z_2$  = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan

### E. Gangguan Dua Fasa ke Tanah

Gangguan dua fasa ke tanah terjadi ketika dua buah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat dengan tanah.



Gambar 3. Hubung singkat dua fasa ke tanah

$$V_b = 0 ; V_c = 0 ; I_a = 0$$

$$I_f = \frac{V_f}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_2 + Z_0}} \quad (15)$$

Keterangan :

$I_{a1}$  = Arus gangguan

$V_f$  = Tegangan line – netral di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan

$Z_0$  = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan

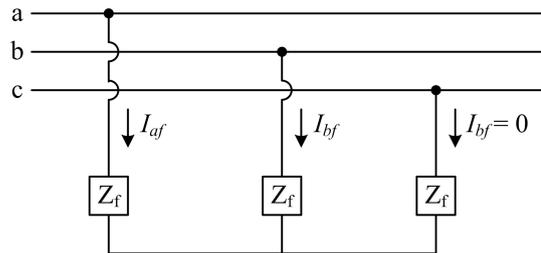
$Z_1$  = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

$Z_2$  = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan

### F. Gangguan Tiga Fasa ke Tanah

Gangguan hubung singkat tiga fasa termasuk dalam klasifikasi gangguan simetris, dimana arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Sehingga pada sistem seperti ini dapat dianalisa hanya dengan menggunakan komponen urutan positif saja.

Misalnya gangguan terjadi pada fasa a, fasa b, dan fasa c seperti gambar dibawah.



Gambar 4. Gangguan Tiga Fasa

Misalnya gangguan terjadi pada fasa a dan fasa b seperti gambar dibawah.

$$I_a + I_b + I_c = 0$$

$$I_a = 0$$

$$E = E_b = E_c$$

Karena sistemnya seimbang maka urutan negatif dan urutan nol tidak ada, sehingga diperoleh :

$$V_a = V_f - I_{a1} \cdot Z_{a1} = 0$$

$$I_{a1} = I_a = I_f = 0$$

$$I_{a1} = I_a = I_f = \frac{V_f}{Z_1}$$

(16)

Keterangan:

$V_f$  = Tegangan fasa di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan

$Z_1$  = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

$I_a$  = Arus pada fasa a

## G. Power World Simulator

*Power World Simulator* adalah *software*/perangkat lunak untuk simulasi ketenagalistrikan khususnya untuk analisis sistem tenaga listrik yang didesain dan dikembangkan secara berkesinambungan sehingga penggunaannya menjadi sangat *user-friendly* dan interaktif. Dalam kapabilitasnya sebagai perangkat lunak untuk bidang keilmuan teknik tenaga listrik, simulator ini telah teruji memiliki kemampuan yang setara dalam memecahkan permasalahan-permasalahan di area sistem ketenagalistrikan dengan perangkat lunak sejenis, namun mempunyai kelebihan pada tampilannya yang tersaji secara interaktif melalui tampilan visualisasi grafis. Hal ini menyebabkan penggunaan simulator ini menjadi sangat mudah dan menarik. Selain itu, analisis yang dilakukan dengan simulator ini, baik berupa hasil maupun tampilannya dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme operasional sistem tenaga listrik kepada pihak-pihak terkait yang tidak mempunyai latar belakang teknik, khususnya teknik tenaga listrik.

## II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, analisis aliran daya dan gangguan hubung singkat dilakukan menggunakan software Power World Simulator dengan penyelesaian solusi yang diterapkan yakni metode Newton Raphson.

Penelitian ini menggunakan data-data kelistrikan Sulselbar 2015 yang diperoleh dari AP2B PT.PLN (Persero) Wilayah Sulselrabar, dimana data yang dimaksud antara lain meliputi:

1. Data *single linediagram* terbaru sistem Sulselbar
2. Data realisasi operasi pembangkitan sistem Sulselbar
3. Data aliran daya sistem Sulselbar
4. Data transformator sistem Sulselbar
5. Data saluran transmisi sistem Sulselbar
6. Data beban sistem Sulselbar
7. Data Unit Generator Sistem Susel

Tahap pertama, melakukan analisis aliran daya dengan terlebih dahulu menggambar *oneline diagram* kelistrikan Sulselbar dan memasukkan data-datanya. Setelah itu program di *running* dengan metode *Newton-Raphson*.

Tahap kedua, melakukan analisis gangguan hubung singkat yakni hubung singkat satu fasa, dua fasa, dua fasa ke tanah dan hubung singkat tiga fasa.

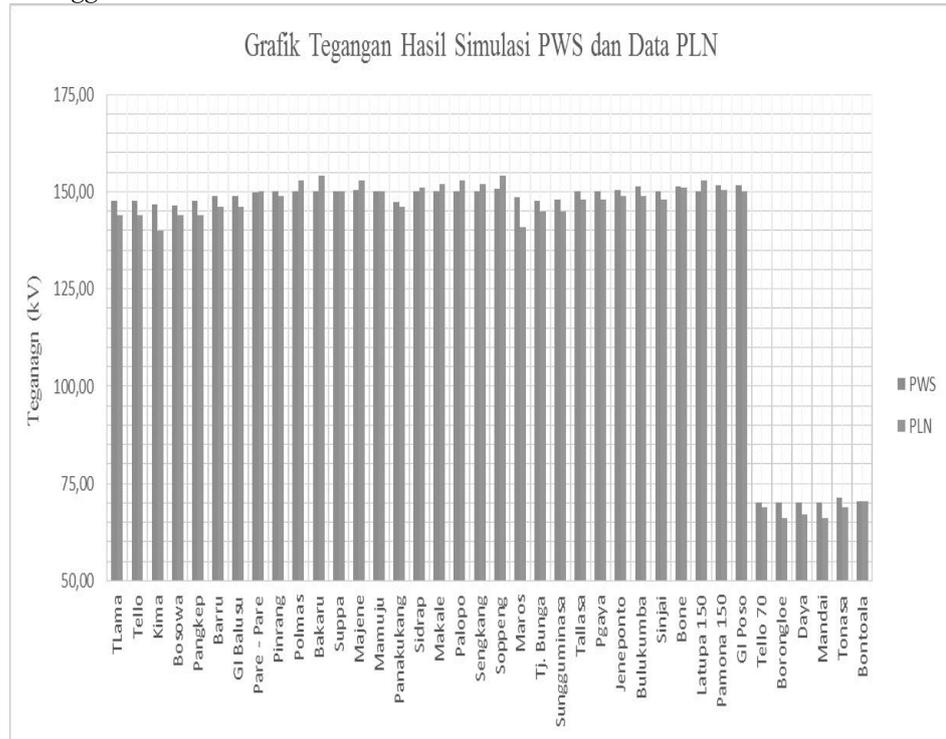
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Simulasi

Tabel 1. Total daya pembangkitan dan beban sistem interkoneksi Sulselbar

Pembangkitan		Beban	
Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVA <sub>r</sub> )	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVA <sub>r</sub> )
821,74	100,90	771,22	190,37

Tabel di atas menunjukkan total daya pembangkitan dan beban yang tercatat pada simulasi aliran daya Sistem Sulselbar berdasarkan *logsheet* tanggal 2 Mei 2015.



Gambar 5. Grafik tegangan bus transmisi hasil simulasi PWS dan data PLN

Tabel 2. Hasil simulasi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Saluran dari	Saluran ke	Arus (A)	$\angle$ ( $^{\circ}$ )
Tello Lama	Tello	4.577,79	-82,08
Tello	Kima	4.055,08	-81,76
Tello	Pangkep	3.713,71	-80,90
Tello	Panakukang	4.690,08	-81,78
Tello	Sungguminasa	4.921,97	-81,93
Kima	Bosowa	3.426,90	-81,48
Bosowa	Pangkep	3.635,55	-80,59
Pangkep	GI Balusu	3.740,93	-79,07
GI Balusu	Barro	5.222,27	-77,50
GI Balusu	Pare - Pare	5.326,66	-77,16
Pare - Pare	Pinrang	5.049,18	-77,38
Pare - Pare	Polmas	2.890,06	-76,80
Pare - Pare	Suppa	6.427,16	-77,10
Pare - Pare	Sidrap	6.561,82	-75,15
Pinrang	Bakaru	3.540,80	-77,45
Polmas	Bakaru	2.993,32	-77,00
Polmas	Majene	1.912,95	-76,31
Majene	Mamuju	1.118,43	-75,89

Sidrap	Makale	3.041,37	-79,40
Sidrap	Sengkang	6.450,68	-73,25
Sidrap	Soppeng	4.604,62	-73,68
Sidrap	Maros	3.399,40	-83,61
Makale	Sidrap	3.041,37	-79,40
Makale	Palopo	2.694,29	-77,69
Sengkang	Soppeng	5.580,62	-71,82
Soppeng	Bone	4.015,37	-74,46
Maros	Sungguminasa	4.239,01	-83,54
T, Bunga	Sungguminasa	4.667,71	-82,20
Sungguminasa	Tallasa	4.844,34	-81,66
Tallasa	PGaya	4749,02	-76,95
PGaya	Jeneponto	4.175,01	-78,58
Jeneponto	Bulukumba	3.138,04	-78,72
Bulukumba	Sinjai	2.703,83	-79,71
Bulukumba	Bone	2.220,07	-77,87
Sinjai	Bone	2.808,16	-78,56
Latuppa 275	Pamona 275	685,14	-66,82
Pamona 150	GI Poso	97,47	101,24
Latuppa 150	Palopo	2.654,78	-77,04
Tello 70	Borongloe 70	3.208,80	-90,01
Tello 70	Daya	1.613,47	-93,04
Tello 70	Mandai	2.344,85	-88,29
Daya	Mandai	2.002,42	-87,53
Mandai	Pangkep 70	1.516,14	-85,29
Pangkep 70	Tonasa 70	1.465,32	-87,26

Tabel 3. Hasil simulasi gangguan hubung singkat dua fasa/*line-line*

Saluran dari	Saluran ke	Arus (A)	$\angle$ ( $^{\circ}$ )
Tello Lama	Tello	5.072,33	-166,38
Tello	Kima	4.582,08	-166,54
Tello	Pangkep	4.236,81	-166,65
Tello	Panakukang	5.179,54	-165,82
Tello	Sungguminasa	5.368,52	-166,07
Kima	Bosowa	3.971,96	-167,01
Bosowa	Pangkep	4.185,98	-166,43
Pangkep	GI Balusu	4.220,43	-166,39
GI Balusu	Barru	5478,95	-165,33
GI Balusu	Pare - Pare	5.503,75	-165,48
Pare - Pare	Pinrang	5.071,03	-166,11
Pare - Pare	Polmas	3.124,64	-165,92
Pare - Pare	Suppa	6.241,33	-165,55
Pare - Pare	Sidrap	6.482,28	-164,69
Pinrang	Bakaru	3.318,86	-166,39
Polmas	Bakaru	2.763,92	-165,75
Polmas	Majene	2.073,05	-165,34
Majene	Mamuju	1.323,10	164,42

155 Makmur Saini, Muh. Yusuf Yunus, Yusmar, Muhakkir, Analisis Aliran Daya dan Gangguan pada Jaringan Transmisi Sistem Interkoneksi Sulselbar 2015 Menggunakan Power World Simulator

Sidrap	Makale	3.479,96	-168,27
Sidrap	Sengkang	6.334,36	-165,39
Sidrap	Soppeng	4.905,96	-164,45
Sidrap	Maros	3.872,91	-171,51
Makale	Sidrap	3.479,96	-168,27
Makale	Palopo	3.098,41	-165,59
Sengkang	Soppeng	5.615,69	-164,63
Soppeng	Bone	4.364,02	-164,84
Maros	Sungguminasa	4.734,88	-168,89
T. Bunga	Sungguminasa	5.118,17	-166,74
Sungguminasa	Tallasa	5.166,92	-166,71
Tallasa	PGaya	4.930,77	-163,23
PGaya	Jeneponto	4.443,05	-164,68
Jeneponto	Bulukumba	3.510,97	-165,81
Bulukumba	Sinjai	3.025,54	-167,53
Bulukumba	Bone	2.598,31	-166,66
Sinjai	Bone	3.143,71	-167,28
Latuppa 275	Pamona 275	902,68	-153,66
Latuppa 150	Palopo	3.097,15	-164,97
Pamona 150	GI Poso	806,96	-154,58
Tello 70	Borongloe 70	3.626,05	-175,30
Tello 70	Daya	4.096,22	-173,78
Tello 70	Mandai	3.916,36	-174,30
Daya	Mandai	3.942,10	-172,67
Mandai	Pangkep 70	3.181,69	-170,17
Pangkep 70	Tonasa 70	4.185,91	-174,65

Tabel 4. Hasil simulasi gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah

Saluran dari	Saluran ke	Arus (A)	$\angle$ ( $^{\circ}$ )
Tlama	Tello	3.746,15	93,75
Tello	Kima	3.282,13	94,63
Tello	Pangkep	2.992,72	96,13
Tello	Panakukang	3.846,39	94,03
Tello	Sungguminasa	4.069,65	93,86
Kima	Bosowa	2.734,30	95,49
Bosowa	Pangkep	2.914,57	96,54
Pangkep	GI Balusu	3.043,21	98,90
GI Balusu	Barru	4.465,78	100,67
GI Balusu	Pare - Pare	4.607,91	101,33
Pare - Pare	Pinrang	4.552,25	101,18
Pare - Pare	Polmas	2.479,73	101,81
Pare - Pare	Suppa	5.807,47	101,47
Pare - Pare	Sidrap	5.874,04	104,20
Pinrang	Bakaru	3.572,62	100,61
Polmas	Bakaru	3.071,88	100,65
Polmas	Majene	1.640,59	101,96
Majene	Mamuju	912,07	102,77

Sidrap	Makale	2.450,87	99,53
Sidrap	Sengkang	5.785,89	108,10
Sidrap	Soppeng	3.890,49	106,50
Sidrap	Maros	2.746,98	94,72
Makale	Sidrap	2.450,87	99,53
Makale	Palopo	2.161,76	100,66
Sengkang	Soppeng	4.904,75	109,95
Soppeng	Bone	3.345,15	105,43
Maros	Sungguminasa	3.458,52	93,15
T. Bunga	Sungguminasa	3.848,42	93,88
Sungguminasa	Tallasa	4.070,08	94,60
Tallasa	PGaya	4.071,06	100,03
PGaya	Jeneponto	3.516,62	98,39
Jeneponto	Bulukumba	2.559,99	99,08
Bulukumba	Sinjai	2.206,29	98,54
Bulukumba	Bone	1.763,67	101,03
Sinjai	Bone	2.292,35	100,26
Latuppa 275	Pamona 275	509,72	111,07
Latuppa 150	Palopo	2.111,20	101,17
Pamona 150	GI Poso	46,59	-77,34
Tello 70	Borongloe 70	2.593,11	86,48
Tello 70	Daya	970,28	84,60
Tello 70	Mandai	1.582,28	89,80
Daya	Mandai	1.282,98	90,62
Mandai	Pangkep 70	954,70	92,90
Pangkep 70	Tonasa 70	864,59	91,81

Tabel 5. Hasil simulasi gangguan hubung singkat tiga fasa

Saluran dari	Saluran ke	Arus (A)	$\angle$ ( $^{\circ}$ )
Tello Lama	Tello	5.874,39	-76,41
Tello	Kima	5.305,60	-76,82
Tello	Pangkep	4.906,28	-76,92
Tello	Panakukang	5.998,44	-76,09
Tello	Sungguminasa	6.217,60	-76,34
Kima	Bosowa	4.598,71	-77,29
Bosowa	Pangkep	4.848,58	-76,68
Pangkep	GI Balusu	4.891,91	-76,59
GI Balusu	Baru	6.361,64	-75,43
GI Balusu	Pare - Pare	6.392,91	-75,56
Pare - Pare	Pinrang	6.012,17	-76,32
Pare - Pare	Polmas	3.736,57	-76,25
Pare - Pare	Suppa	7.223,60	-75,48
Pare - Pare	Sidrap	7.529,79	-74,75
Pinrang	Bakaru	4.182,11	-77,20
Polmas	Bakaru	3.528,50	-76,58
Polmas	Majene	2.521,85	-75,62
Majene	Mamuju	1.581,57	-74,95

Sidrap	Makale	4.026,48	-78,57
Sidrap	Sengkang	7.343,88	-75,59
Sidrap	Soppeng	5.683,00	-74,68
Sidrap	Maros	4.484,50	-81,79
Makale	Sidrap	4.026,48	-78,57
Makale	Palopo	3.581,80	-75,93
Sengkang	Soppeng	6.504,63	-74,88
Soppeng	Bone	5.051,13	-75,11
Maros	Sungguminasa	5.482,59	-79,17
T. Bunga	Sungguminasa	5.926,58	-77,02
Sungguminasa	Tallasa	5.981,48	-77,00
Tallasa	PGaya	5.705,20	-73,53
PGaya	Jeneponto	5.139,82	-74,99
Jeneponto	Bulukumba	4.060,10	-76,14
Bulukumba	Sinjai	3.497,80	-77,86
Bulukumba	Bone	3.004,00	-76,99
Sinjai	Bone	3.635,13	-77,61
Latuppa 275	Pamona 275	1.042,61	-63,66
Latuppa 150	Palopo	3.580,26	-74,98
Pamona 150	GI Poso	931,91	-64,58
Tello 70	Borongloe 70	4.190,17	-85,32
Tello 70	Daya	4.734,59	-83,80
Tello 70	Mandai	4.526,57	-84,32
Daya	Mandai	4.556,47	-82,69
Mandai	Pangkep 70	3.677,38	-80,18
Pangkep 70	Tonasa 70	4.840,14	-84,68

#### IV. KESIMPULAN

Dari studi aliran daya pada Sistem Sulselbar yang dilakukan dengan menggunakan program *software PowerWorld Simulator 16 Glover Sarma* dengan menggunakan data – data sistem Sulselbar tanggal 2 Mei 2015, kami memperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Aliran daya aktif (P) terbesar yakni dari Bus\_Tallasa ke Bus\_Sungguminasa sebesar 189,8 MW. *Losses* daya aktif (P) terbesar terjadi pada *line* Tallasa – PGaya yaitu 7,02 MW. Tegangan terbesar hasil simulasi *PowerWorld Simulator* pada bus 150 kV yakni terjadi di Bus\_Pamona yakni 151,64 kV dan yang terkecil terjadi di Bus\_Bosowa yakni 146,54 kV. Sedangkan pada hasil aliran daya PLN tegangan terbesar terjadi pada Bus\_Bakaru dan Bus Soppeng yakni 154 kV dan yang terkecil terjadi pada Bus\_Kima yakni 140 kV. Pada Bus 70 tegangan terbesar terjadi di Bus\_Pangkep 70 yakni 71,67 kV dan yang terkecil terjadi di Bus\_Borongloe yakni 70 kV. Sedangkan pada hasil aliran daya PLN tegangan terbesar terjadi pada Bus\_Bontoala yakni 71 kV dan yang terkecil terjadi Bus\_Mandai dan Bus Borongloe dan yakni 66 kV.

2. Arus hubung singkat satu fasa ke tanah terbesar terjadi pada jaringan Bus\_Sidrap ke Bus\_Pare – Pare dengan besar arus 6561,82 A  $\angle -75,15^{\circ}$ . Arus hubung singkat dua fasa / *line – line* terbesar terjadi pada jaringan Bus\_Sidrap ke Bus\_Pare – Pare dengan besar arus 6482,28 A  $\angle -164,69^{\circ}$ . Arus hubung singkat dua fasa ke tanah terbesar terjadi pada jaringan Bus\_Sidrap ke Bus\_Pare – Pare dengan besar arus 5874,04 A  $\angle 102,20^{\circ}$ . Arus hubung singkat tiga fasa terbesar terjadi pada jaringan Bus\_Sidrap ke Bus\_Pare – Pare dengan besar arus 7529,79 A  $\angle -74,75^{\circ}$ .
3. Arus terbesar terjadi pada simulasi gangguan hubung singkat tiga fasa (*line-line-line*) yakni jaringan Bus\_Sidrap ke Bus\_Pare – Pare dengan besar arus 7529,79 A  $\angle -74,75^{\circ}$  sedangkan yang terkecil terjadi pada simulasi gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah (*line-line-ground*) yakni pada jaringan Bus\_Pamona 150 ke jaringan Bus\_GI Poso dengan besar arus 46,59 A  $\angle -77,34^{\circ}$ .
4. Persentasi error antara simulasi aliran daya menggunakan *PowerWorld* dengan data aliran daya PLN yakni cenderung dibawah 5 %. Adapun persentase error yang memiliki kesalahan melebihi 5 % yakni pada Bus\_Maros, Bus\_Borongloe, dan Bus\_Mandai yakni memiliki nilai kesalahan secara berurutan 5,37 %, 6,06 % dan 6,47 %. Dengan ini penggunaan *PowerWorld Simulator* sangat baik digunakan dalam kasus aliran daya lainnya.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- Adrial, Mardensyah. 2008. *Studi Perencanaan Koordinasi Rele Proteksi Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi Gardu Induk Gambir Lama-Pulomas*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Heru Dibyo Laksono. 2012. “*Perhitungan Manual Aliran Daya dan Hubung Singkat Sistem Tenaga Listrik*”. Sumatera Barat : Fakultas Teknik Universitas Andalas.
- Idris, Ir.Kamal., 1994., *Analisis Sistem Tenaga Listrik (William D. Stevenson, Jr, Elements of Power System Analysis, 4th Edition, McGraw-Hill, Inc)*. Jakarta: Erlangga
- Nadjamuddin, Harun. 2011. *Analisis Kontigensi Sistem Tenaga Listrik Sulawesi Selatan Dan Barat*. Makassar : Universitas Hasanuddin
- Sudaryatno, Sudirham. *Analisis Aliran Daya*. (<http://www.darpublik.com>, diakses 13 Januari 2015).
- Ruswandi, Muhammad Djalal. 2012. *Studi Aliran Daya Dan Hubung Singkat Sistem Interkoneksi 150 Kv Sulawesi Selatan Dengan Etap*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.

- 159 Makmur Saini, Muh. Yusuf Yunus, Yusmar, Muhakkir, *Analisis Aliran Daya dan Gangguan pada Jaringan Transmisi Sistem Interkoneksi Suselbar 2015 Menggunakan Power World Simulator*
- Saini, M dkk. 2012. "Fault Analysis Using PSCAD/EMTDC for 150 kV South Sulawesi Transmission System". Dalam Jurnal IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications (ISIEA2012) : 145
- Yusak, Tanoto. 2013. *Visualisasi Sistem Tenaga Listrik Menggunakan PowerWorld Simulator*. Yogyakarta: Graha Ilmu