

Analisis Aliran Daya Pada PLTGU Blok 1 PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik

Niken Dwi Apriliani¹, Titiek Suheta², Affan Bachri³

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya,

³ Teknik Elektro Universitas Islam Lamongan.

e-mail: ricodicky88@gmail.com, hita@itats.ac.id, avanbe@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi aliran daya (daya aktif dan reaktif), tegangan setiap saluran (bus) dalam keadaan operasi normal, dan rugi daya (*losses*) tiap bus pada PLTGU Blok 1 PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik. Metode yang digunakan untuk menganalisa aliran daya adalah *Forward Backward Sweep* dengan membentuk matriks BIBC dan BCBV, dimana hasil dari analisa tersebut akan dibandingkan dengan hasil simulasinya. Dari hasil perbandingan perhitungan dan simulasi aliran daya didapatkan daya aktif (P) sebesar 1% dan daya reaktif (Q) sebesar 1,76%. Drop tegangan terbesar pada bus 5 sebesar 7% dan merupakan kondisi bus yang kritis, karena nilai drop tegangannya $\pm 5\%$ dari tegangan nominal. Nilai rugi-rugi daya (*losses*) terbesar terdapat pada bus 4 dengan daya aktif sebesar 1,14% dan daya reaktif sebesar 0,5%. Sedangkan untuk kondisi bus-bus yang lainnya seperti bus 2 termasuk kondisi bus marginal, bus 3 dengan bus 6 termasuk kondisi bus kritis, karena masing-masing bus nilai drop tegangannya $\pm 5\%$ dari tegangan nominal.

Kata kunci : Aliran Daya, Drop Tegangan, Rugi-Rugi Daya

Abstract

The purpose of research was to determine the condition of the power flow (active and reactive power), the voltage of each channel (bus) under normal operating conditions, and the power loss (*losses*) of each bus at the Block 1 PLTGU PT. PJB Gresik Generating Unit. The method used to analyze the power flow is *Forward Backward Sweep* by forming a BIBC and BCBV matrix, where the results of the analysis will be compared with the results of the simulation. From the results of comparison of calculations and simulation of power flow obtained active power (P) of 1% and reactive power (Q) of 1.76%. The biggest voltage drop on bus 5 is 7% and is a critical bus condition, because the voltage drop is $\pm 5\%$ of the nominal voltage. The largest value of power losses is on bus 4 with an active power of 1.14% and a reactive power of 0.5%. Whereas for other bus conditions such as bus 2 including marginal bus conditions, bus 3 with bus 6 are critical bus conditions, because each bus has a voltage drop of $\pm 5\%$ of nominal voltage.

Keywords: *Power Flow, Voltage Drop, Power Losses*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PLTGU PT. PJB UP Gresik merupakan pembangkit yang memiliki siklus ganda (combined cycle) dengan peralatan utama yang terdiri dari turbin gas, Heat Recovery Steam Generator (HRSG), dan turbin uap dengan generator dan peralatan pendukung lainnya. Terdapat 3 blok PLTGU yang beroperasi pada PT. PJB UP Gresik, dimana setiap blok PLTGU mempunyai 3 turbin gas, 3 HRSG, dan 1 turbin uap. Setiap blok PLTGU menghasilkan kapasitas daya sebesar 566,26 MW, sehingga total nilai kapasitas dayanya sebesar 1698,78 MW. Supply listrik pada 3 blok PLTGU ini akan disalurkan ke jala-jala PLN yang akan didistribusikan ke pelanggan.[1].

Pada penelitian ini akan dibahas tentang sistem tenaga listrik pada PLTGU Blok 1, dimana sistem ini digunakan untuk mensuplai berbagai macam beban yang dibutuhkan oleh PT. PJB UP Gresik sendiri, sehingga selama beroperasi peralatan-peralatan yang digunakan mengalami penurunan efisiensi. Oleh

karena itu diperlukan analisa aliran daya dengan menggunakan *metode Forward Backward Sweep*, yang bertujuan untuk mengetahui kondisi aliran daya yang meliputi daya aktif, daya reaktif dan tegangan pada setiap saluran (bus) dengan keadaan operasi normal, serta dapat mengetahui rugi daya (*losses*) pada setiap bus. Disamping itu analisa aliran daya dapat membantu untuk mengetahui kondisi peralatan, apakah sesuai dengan batasan yang ditentukan dalam menyalurkan daya listrik.

1.2 Referensi

Pada penelitian yang dilakukan oleh Adib Gustian Nigara dan Yohanes Primadiyono, dengan judul Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal dengan simulasi menjelaskan bahwa kondisi kelistrikan secara keseluruhan telah memenuhi persyaratan, salah satunya adalah pada kapasitas transformator masih relatif aman pada setiap busnya dengan prosentase pembebanan dibawah 50%. Dan

untuk rugi dayanya juga masih relatif kecil, dimana pada daya aktif (P) prosentase kurang dari 5% dan pada daya reaktif (Q) prosentase kurang dari 10%. Untuk drop tegangan maksimum (kritis) mencapai ±5% dari tegangan nominal. Sedangkan untuk tegangan marginal mempunyai batasan ±3% dari tegangan nominal.[2]

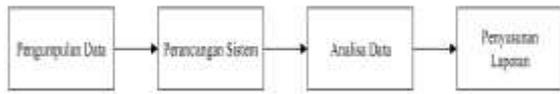
Pada penelitian yang dilakukan oleh Atmam, Daniel Meliaia, dan Usaha Situmeang dengan judul Analisis Sistem Kelistrikan di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru dengan menggunakan ETAP menjelaskan bahwa pada saat kondisi eksisting, drop tegangan terbesar mencapai 5%. Untuk mengurangi nilai drop tegangan tersebut maka dilakukan dengan cara merubah penampang kabel dan mengganti ukuran kabel, sehingga nilai drop tegangan turun menjadi 2,1%. Sedangkan untuk memperbaiki sistem kelistrikan dari kondisi eksisting maka dilakukan pemasangan kWh.[3]

2. PEMBAHASAN

Membahas tentang sistem tenaga listrik pada PLTGU Blok 1 yang digunakan untuk mensuplai berbagai macam beban pada PT. PJB UP Gresik itu sendiri, sehingga mengakibatkan selama beroperasi peralatan-peralatan yang digunakan mengalami penurunan efisiensi. Oleh karena itu diperlukan analisa aliran daya yang bertujuan untuk mengetahui kondisi aliran daya yang meliputi daya aktif, daya reaktif, tegangan pada keadaan operasi normal dan besarnya rugi daya (losses) pada setiap bus. Dan juga membantu untuk mengetahui kondisi peralatan apakah sudah sesuai dengan batasan yang ditentukan dalam menyalurkan daya listrik. Dalam menganalisa aliran daya tersebut menggunakan program yang berfungsi untuk mempermudah didalam mensimulasikan perhitungan aliran daya.

3. Metode

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dengan tujuan untuk mencapai hasil yang diharapkan. Tahapan metode penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

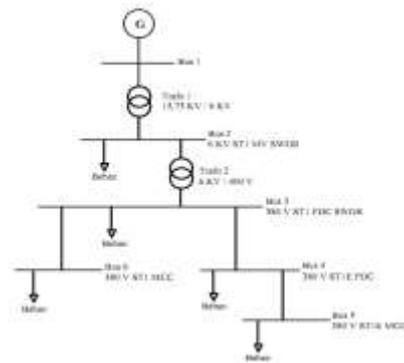


Gambar 1. Blok Diagram Tahapan Penelitian

a. Pengambilan Data

Data-data yang diperlukan untuk menganalisa aliran daya di PLTGU Blok 1 PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik:

Single Line Diagram



Gambar 2. Single Line Diagram PLTGU Blok 1 PT. PJB UP Gresik

Data Impedansi Saluran

Meliputi ukuran kabel, panjang kabel dan impedansi yang digunakan tiap bus.

Tabel 1. Impedansi Saluran

No.	Dari	Ke	Total Impedansi
			Ω
1.	Trafo 1	Bus 2	0,32 + j 0,42
2.	Bus 2	Trafo 2	3,708 + j 0,616
3.	Trafo 2	Bus 3	0,32 + j 0,284
4.	Bus 3	Bus 4	0,098 + j 0,072
5.	Bus 4	Bus 5	0,1597 + j 0,073
6.	Bus 3	Bus 6	0,342 + j 0,075

Data Kondisi Bus Saat Beban Puncak

Kondisi bus pada saat operasi normal atau beban terpasang seluruhnya, yang meliputi data tegangan, arus dan power factor.

Tabel 2. Impedansi Saluran

No.	Nama Bus	Teg (V)	Arus (A)	Cos φ
1.	Bus 1	15750	241,3	0,95
2.	Bus 2	6114	603,2	0,95
3.	Bus 3	380	977,5	0,95
4.	Bus 4	378,8	389,6	0,95
5.	Bus 5	378,6	165,4	0,95
6.	Bus 6	378,8	299,4	0,95

Data Total Beban Tiap Bus

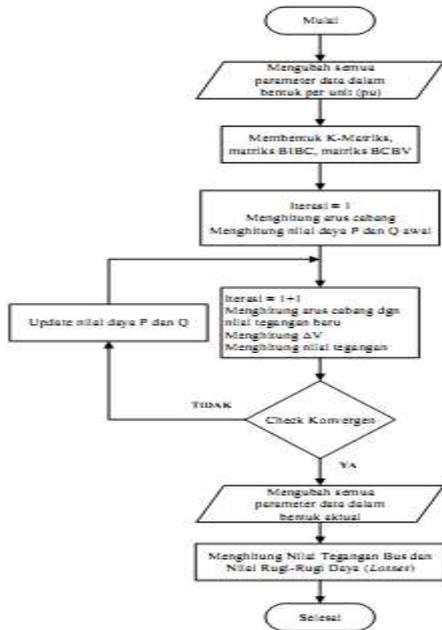
Total beban yang terpasang tiap bus, yang meliputi daya dan power factor.

Tabel 3. Total Beban tiap Bus

No.	Nama Bus	Daya kW	Cos φ
1.	Bus 2	5780	0,95
2.	Bus 3	200	0,95
3.	Bus 4	156	0,95
4.	Bus 5	115	0,95
5.	Bus 6	208	0,95

1. Perancangan Sistem

Membuat diagram alir atau flowchart analisis aliran daya yang bertujuan untuk mempermudah dalam pembacaan alur proses penelitian. Flowchart analisis aliran daya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Analisis Aliran Daya

2. Analisa data

Untuk menganalisa aliran daya, ada beberapa tahapan yang dilakukan:

- a. Menentukan nilai P dan Q menggunakan rumus:

$$P_i = \sqrt{3} \times V_i \times I_i \times \cos \theta$$

$$Q_i = \sqrt{3} \times V_i \times I_i \times \sin \theta$$

- b. Mengubah semua parameter dalam bentuk pu:

$$V_{pu} = \frac{V_{actual}}{V_{base}}$$

$$I_{pu} = \frac{I_{actual}}{I_{base}}$$

$$Z_{pu} = \frac{Z_{actual}}{Z_{base}}$$

- c. Membentuk matriks BIBC:

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix}$$

$$[B] = [BIBC][I]$$

- d. Membentuk matriks BCBV:

$$\begin{bmatrix} V_1 - V_2 \\ V_1 - V_3 \\ V_1 - V_4 \\ V_1 - V_5 \\ V_1 - V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{35} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix}$$

$$[\Delta V] = [BCBV][B]$$

- e. Menghitung arus cabang

$$I_i^k = \cos \theta_i \left(\frac{P_i + jQ_i}{V_i^k} \right)$$

- f. Menghitung drop tegangan (ΔV):

$$[\Delta V] = [BCBV][BIBC][I]$$

$$[\Delta V] = [DLF][I]$$

- g. Menghitung tegangan

$$[V_i] = [V_1] - [\Delta V]$$

- h. Menghitung rugi-rugi daya

$$S_{L,ij} = S_{ij} + S_{ji}$$

$$P_{L,ij} = S_{L,ij} \times \cos \phi$$

$$Q_{L,ij} = S_{L,ij} \times \sin \phi$$

3. Hasil Pembahasan

- a. Hasil perhitungan nilai P dan Q pada tiap-tiap bus dan nilai tegangan per unit

Tabel 4. Nilai P, Q dan V dalam pu

Bus	P aktual (kW)	Q aktual (kVAR)	V (pu)	Keterangan
1	6253,48	2040,61	1	Swing Bus
2	6068,35	1143,27	0,97	Load Bus
3	611,2	199,44	0,95	Load Bus
4	242,83	79,24	0,947	Load Bus
5	103,03	33,62	0,946	Load Bus
6	186,6	60,9	0,947	Load Bus

- b. Hasil perhitungan impedansi dalam pu

Tabel 5. Nilai Impedansi dalam pu

No	Impedansi Saluran	Per Unit (Pu)
1	Z ₁₂	0,000056 + j 0,000074 pu
2	Z ₂₃	0,000215 + j 0,0131 pu
3	Z ₃₄	0,00061 + j 0,00048 pu
4	Z ₄₅	0,00213 + j 0,00046 pu
5	Z ₃₆	0,001 + j 0,00046 pu

- c. Hasil perhitungan arus cabang

Tabel 6. Nilai Arus Cabang

No	Arus Cabang	Per Unit (Pu)
1	I ₂	1,05 - j 0,28
2	I ₃	1,06 - j 0,347
3	I ₄	0,424 - j 0,138
4	I ₅	0,18 - j 0,058
5	I ₆	0,326 - j 0,106

Setelah nilai impedansi dan arus cabang diketahui, nilai-nilai tersebut dimasukkan dalam matriks BIBC dan BCBV

d. Hasil pembentukan matriks BIBC

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,05 - j0,28 & 1,06 - j0,347 & 0,424 - j0,138 \\ 0 & 1,06 - j0,347 & 0,424 - j0,138 \\ 0 & 0 & 0,424 - j0,138 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,51 - j0,82 & 1,87 - j0,61 & 0,74 - j0,241 \\ 0 & 1,87 - j0,61 & 0,74 - j0,241 \\ 0 & 0 & 0,74 - j0,241 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0,315 - j0,103 & 0,572 - j0,186 \\ 0,315 - j0,103 & 0,572 - j0,186 \\ 0,315 - j0,103 & 0 \\ 0,315 - j0,103 & 0 \\ 0 & 0,572 - j0,186 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2,51 - j0,82 \\ 1,87 - j0,61 \\ 0,74 - j0,241 \\ 0,315 - j0,103 \\ 0,572 - j0,186 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 9,6232 - j 7,0322 \\ 3,9955 - j 2,9158 \\ 0,5781 - j 0,4216 \\ 0,0886 - j 0,0649 \\ 0,2926 - j 0,2128 \end{bmatrix}$$

e. Hasil pembentukan matriks BCBV

$$\begin{bmatrix} V_1 - V_2 \\ V_1 - V_3 \\ V_1 - V_4 \\ V_1 - V_5 \\ V_1 - V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,000056 + j 0,000074 & 0 \\ 0,000056 + j 0,000074 & 0,000215 + j 0,0131 \\ 0,000056 + j 0,000074 & 0,000215 + j 0,0131 \\ 0,000056 + j 0,000074 & 0,000215 + j 0,0131 \\ 0,000056 + j 0,000074 & 0,000215 + j 0,0131 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 9,6232 - j 7,0322 \\ 0 & 0 & 0 & 3,9955 - j 2,9158 \\ 0,00061 + j 0,00048 & 0 & 0 & 0,5781 - j 0,4216 \\ 0,00061 + j 0,00048 & 0,00213 + j 0,00046 & 0 & 0,0886 - j 0,0649 \\ 0 & 0 & 0,001 + j 0,00046 & 0,2926 - j 0,2128 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} V_1 - V_2 \\ V_1 - V_3 \\ V_1 - V_4 \\ V_1 - V_5 \\ V_1 - V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0011 + j 0,0003 \\ 0,0401 + j 0,0520 \\ 0,0407 + j 0,0521 \\ 0,0409 + j 0,0520 \\ 0,0405 + j 0,0520 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,00114 \angle 15,25^\circ \\ 0,06566 \angle 52,36^\circ \\ 0,06611 \angle 52,01^\circ \\ 0,06615 \angle 51,81^\circ \\ 0,06591 \angle 52,08^\circ \end{bmatrix}$$

f. Hasil perhitungan drop tegangan

Tabel 7. Nilai drop tegangan

Bus	V _{Aktual} (V)	V _{Basis} (V)	Drop tegangan (%)
1	15750	15750	0
2	6290	6300	0,158
3	373,72	400	6,57
4	373,56	400	6,61
5	373,52	400	6,62
6	373,64	400	6,59

g. Hasil perhitungan rugi daya

Tabel 8. Nilai rugi daya

Saluran	Dari bus	Menuju bus	Nilai Losses (kVA)	Nilai Losses (kW)	Nilai Losses (kVAR)
SL ₁₂	1	2	1,82	1,73	0,5
SL ₂₃	2	3	4,02	3,82	1,25
SL ₃₄	3	4	4,8	4,56	1,48
SL ₄₅	4	5	2,2	2,09	0,68
SL ₃₆	3	6	4,07	3,86	1,26
Total Losses			16,91	16,06	5,17

h. Nilai tegangan hasil simulasi

Tabel 9. Nilai tegangan

No	Nama Bus	Tegangan (Volt)
1	Bus 1	15750
2	Bus 2	6112
3	Bus 3	376
4	Bus 4	368,7
5	Bus 5	359,6
6	Bus 6	367,6

i. Nilai arus hasil simulasi

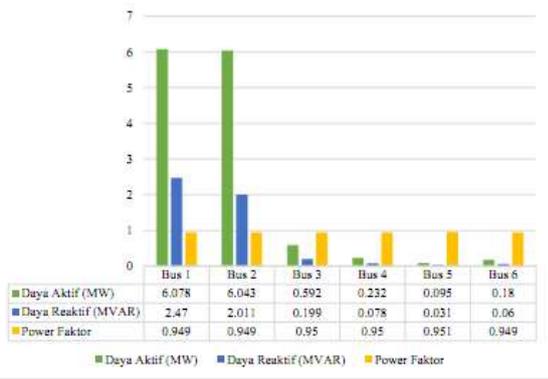
Tabel 10. Nilai arus

No	Nama Bus	Tegangan (Amp)
1	Bus 1	240,5
2	Bus 2	601,3
3	Bus 3	952
4	Bus 4	3751
5	Bus 5	157
6	Bus 6	290,5

j. Nilai aliran daya hasil simulasi

Tabel 11. Nilai aliran daya

Nama Bus	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)
Bus 1	6,078	2,470
Bus 2	6,043	2,011
Bus 3	0,592	0,199
Bus 4	0,232	0,078
Bus 5	0,095	0,031
Bus 6	0,18	0,06

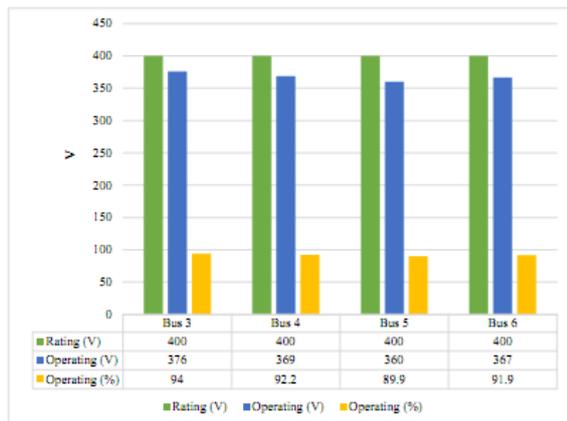


Gambar 4. Grafik aliran daya aktif dan reaktif

k. Nilai bus dalam kondisi kritis hasil simulasi

Tabel 12. Nilai bus kondisi kritis

Bus	Kondisi	Rating (V)	Operating (V)	Operating (%)
Bus 3	Undervoltage	400	376	94
Bus 4	Undervoltage	400	369	92,2
Bus 5	Undervoltage	400	360	89,9
Bus 6	Undervoltage	400	368	91,9



Gambar 5. Grafik nilai bus kondisi kritis

l. Nilai bus dalam kondisi marginal hasil simulasi

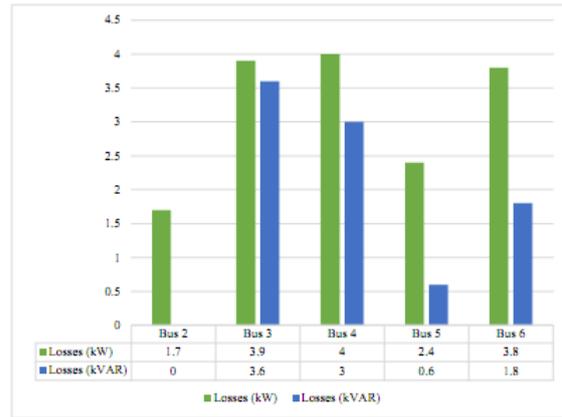
Tabel 13. Nilai bus kondisi marginal

Bus	Kondisi	Rating (kV)	Operating (kV)	Operating (%)
Bus 2	Undervoltage	6,3	6,113	97

m. Nilai daya yang hilang hasil simulasi

Tabel 14. Nilai daya yang hilang

Bus	Losses (kW)	Losses (kVAR)
Bus 2	1,7	0
Bus 3	3,9	3,6
Bus 4	4	3
Bus 5	2,4	0,6
Bus 6	3,8	1,8



Gambar 6. Grafik nilai rugi daya

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan analisa aliran daya pada PLTGU Blok 1 PT.PJB Unit Pembangkitan Gresik dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil perbandingan dengan simulasi didapatkan daya aktif sebesar 1% dan reaktif sebesar 1,76%.
2. Hasil perbandingan dengan simulasi didapatkan drop tegangan sebesar 7% dan terdapat pada bus 5 dan merupakan kondisi bus yang kritis, karena nilai drop tegangannya $\pm 5\%$ dari tegangan nominal.
3. Hasil perbandingan dengan simulasi didapatkan rugi daya (losses) pada bus 4 sebesar 1,14% dan 0,5%.

Daftar Pustaka

- [1] Kurniawan, Ahmad Yusuf. Studi Koordinasi Proteksi PT. PJB UP Gresik (PLTGU Blok 3). Jurnal Teknik Pomits Vol.1 No.1. 2014.
- [2] Nigara, Adib Gustian. Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian *Texturizing* di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan *software* ETAP Power Station. Jurnal Teknik Elektro Vol 7 No 1. 2015.
- [3] Atmam; Meliala, Daniel; Situmeang, Usaha. Analisis Sistem Kelistrikan di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru dengan menggunakan ETAP. Jurnal Teknologi Vol 8 No 2. 2015.
- [4] Dharamjit, D. K. Tanti. Load Flow Analysis on IEEE 30 Bus System. Jharkhaud: IEEE. 2012.
- [5] Sulasno, Ir. Analisis Sistem tenaga, Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 1993.
- [6] Saadat hadi. (1999). Power System Analysis. McGraw-Hill Inc, 1999