

Penerapan Model Beban Zip Untuk Analisa Aliran Daya Tiga Fasa pada Penyulang Katu GI Menggala

Gusmau Rado Pratama¹, Lukmanul Hakim², Osea Zebua³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

¹gusmaurado@gmail.com

²plgsekip@eng.unila.ac.id

³oseaz89@yahoo.com

Intisari--- Pada penelitian ini, tiga model beban dimasukkan kedalam Aliran Daya Newton-Raphson (UnilaPF) yang menggunakan koordinat tegangan rectangular. Ketiga model beban tersebut adalah Constant Power (CP), Constant Current (CC), dan Constant Impedance (CI), atau biasa disebut dengan Model Beban ZIP. Komposisi beban ZIP yang digunakan pada studi kali ini yaitu 100% CP, 100% CC, 100% CI, dan mixed load (30% CI, 30% CC, 40% CP). Simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa model beban ZIP memberikan pengaruh pada hasil analisa aliran daya pada sistem distribusi yang diteliti. Hasil dari program UnilaPF dibandingkan dengan program OpenDSS, dan diperoleh tegangan deviasi maksimal sebesar 1.2194% dengan total iterasi dari seluruh kasus sebanyak 10 iterasi pada UnilaPF dan 20 iterasi pada OpenDSS.

Kata kunci--- Aliran Daya, Newton Raphson, Rectangular, ZIP.

Abstract--- In this work, three load models are included into a Newton-Raphson power flow (UnilaPF) based on rectangular voltage coordinates. Those models include Constant Power (CP), Constant Current (CC), and Constant Impedance (CI), or commonly called the ZIP load model. Various ZIP load compositions were considered in this study i.e. 100% CP, 100% CC, 100% CI, and mixed load (30% CI, 30% CC, 40% CP). Simulation also confirmed that inclusion of ZIP load model affected power flow results of the studied distribution system. Results of UnilaPF program were compared to OpenDSS program, and maximum voltage deviation of 1.2194% was observed with total iteration of all cases is 10 iterations on UnilaPF and 20 iterations on OpenDSS.

Keywords--- Power Flow, Newton Raphson, Rectangular, ZIP.

I. PENDAHULUAN

Studi aliran daya adalah suatu studi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak. Dengan studi aliran daya, kita dapat mengetahui besarnya daya aktif dan daya reaktif yang mengalir di sistem, besarnya tegangan dan sudut fasa pada setiap bus, serta rugi – rugi yang ditimbulkan di sepanjang saluran. Studi aliran daya sangat dibutuhkan dalam perencanaan dan perancangan perluasan

sistem tenaga serta dibutuhkan untuk mengevaluasi kerja sistem tenaga.

Setiap beban memiliki karakteristik yang berbeda – beda sehingga setiap beban memiliki pengaruh yang berbeda - beda pula terhadap sistem tenaga. Oleh karena itu, beban perlu dimodelkan ke dalam persamaan matematis yang sesuai dengan karakteristiknya. Pada simulasi aliran daya, pemodelan beban yang biasa digunakan adalah beban constant power. Namun pada kasus tertentu, simulasi aliran daya yang dilakukan tidak memperoleh nilai konvergensi apabila menggunakan beban

constant power. Sehingga karakteristik beban yang lainnya perlu diperhitungkan untuk memperoleh konvergensi dari suatu sistem tenaga tersebut, yaitu beban constant current dan constant impedance.

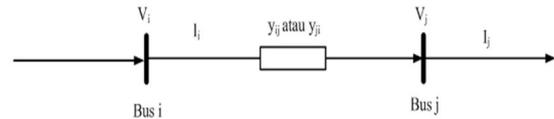
Oleh karena itu dibuatlah simulasi aliran daya tiga fasa di jaringan distribusi (UnilaPF) ini. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan aliran daya adalah Metode Newton Raphson dalam bentuk persamaan rectangular, dan menggunakan software python 2.7.9 dengan menggunakan ketiga pemodelan beban yaitu constant power, constant current, dan constant impedance.

Dengan demikian kita dapat mengetahui besar daya total yang disalurkan, besar rugi – rugi saluran, dan tegangan di tiap – tiap fasa saluran. Dengan menggunakan persamaan dalam format rectangular, hasil yang diperoleh akan memiliki nilai yang berkesesuaian dengan program pembanding yaitu OpenDSS dengan selisih yang tidak terlalu besar. Kemudian iterasi yang diperoleh akan lebih sedikit bila dibandingkan dengan program OpenDSS yang menggunakan format polar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Metode yang terdapat dalam menganalisa aliran daya yaitu Metode Gauss-Seidel, Metode Newton-Raphson, dan Metode Fast Decoupled. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk menganalisa aliran daya adalah Metode Newton Raphson. Keunggulan dari metode ini yaitu memiliki iterasi yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan Metode Gauss – Seidel. Jumlah iterasi pada Metode Newton – Raphson juga tidak bergantung kepada ukuran sistem yang dianalisa. Hal ini juga berdampak kepada waktu analisa yang lebih sedikit bila

dibandingkan dengan Metode Gauss Seidel [1].



Gbr. 1 Sistem distribusi antara dua bus^[2]

Persamaan matriks admitansi yang digunakan yaitu:

$$= \dots = \dots \quad (1)$$

Sedangkan arus pada bus I pada gambar diatas adalah :

$$= \dots \quad (2)$$

Dimana:

$$= \dots + \dots \quad (3)$$

Sedangkan tegangan kompleks pada bus i dalam bentuk rectangular yaitu ^[2]:

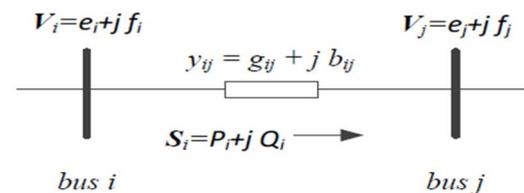
$$V_i = e_i + jf_i \quad (4)$$

Sehingga persamaan daya pada bus i pada adalah :

$$= \dots + \dots = \dots \quad (5)$$

$$= \dots \quad (6)$$

$$+ \dots = (\dots + \dots) - \dots (\dots - \dots) \quad (7)$$



Gbr. 2 Aliran daya pada sistem distribusi dua bus ^[3]

Untuk PQ bus:

$$= \dots - \dots + \dots + \dots \quad (8)$$

$$= - - + \quad (9)$$

Sedangkan untuk PV bus, nilai Q_i diganti dengan V_i yaitu ^{[3][4]} :

$$= + \quad (10)$$

Kemudian Model adalah representasi sederhana dari sistem fisik yang bersesuaian yang dinyatakan dalam persamaan matematika dan diterjemahkan ke dalam kode pemrograman komputer ^[5]. Sedangkan Pemodelan beban adalah representasi matematis dari hubungan antara daya dan tegangan, dimana daya yang terdiri dari daya aktif dan daya reaktif adalah output dari model. Sedangkan tegangan adalah input ke model. Pemodelan beban digunakan untuk menganalisa permasalahan stabilitas sistem tenaga, seperti stabilitas steady state, stabilitas transien, stabilitas jangka panjang dan kontrol tegangan ^[6]. Pada analisa aliran daya klasik, Bus beban (PQ Bus) biasa dimodelkan sebagai beban dengan daya aktif dan daya reaktif yang konstan. Kemudian pada analisa aliran daya modern, model beban statis direvisi dan digeneralisasikan berdasarkan sudut pandang implementasi dari perangkat analisa sistem tenaga. Pada implementasinya, beban memiliki pengaruh yang berbeda – beda terhadap sistem dan disebut dengan beban non-conforming, salah satunya adalah Beban ZIP ^[5].

A. Constant Power

Beban Constant power akan menjaga daya yang disuplai ke beban tetap konstan. Pada beban constant power nilai daya aktif dan daya reaktif yang tidak tergantung dengan variasi besarnya tegangan pada beban tersebut ^[6]. Persamaan beban dengan constant power ditunjukkan oleh persamaan berikut ^[8].

$$= + \quad (11)$$

A. Constant Current

Constant current adalah pemodelan beban yang dimodelkan bahwa beban menjaga besarnya arus yang mengalir pada beban tersebut. Pada beban constant current, besarnya daya aktif dan daya reaktif berubah sesuai dengan besarnya tegangan ^[6]. Persamaan beban constant current ditunjukkan oleh persamaan berikut ^[8]:

$$= \quad (12)$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \quad (13)$$

$$= | | + \quad (14)$$

B. Constant impedance

Constant impedance adalah pemodelan beban yang dimodelkan bahwa beban menjaga besarnya impedansi pada beban tersebut. Pada beban constant impedance, besarnya daya aktif dan daya reaktif berubah sesuai dengan kuadrat besarnya tegangan ^[6]. Persamaan beban constant impedance ditunjukkan oleh persamaan berikut ^[8]:

$$= \quad (15)$$

$$= - \quad (16)$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \quad (17)$$

$$= \frac{| |}{\quad} \quad (18)$$

$$= \frac{\frac{| |}{\quad}}{(\cdot)} \quad (19)$$

$$= | | + \quad (20)$$

Pada penelitian ini, ketiga model beban tersebut akan dijadikan beban gabungan (mixed load) menjadi sebuah persamaan umum. Berikut ini adalah persamaan untuk beban gabungan ^[9]:

$$= [+ +] \quad (21)$$

$$= [+ +] \quad (22)$$

Di mana :

$$p1 + p2 + p3 = q1 + q2 + q3 = 1 \quad (23)$$

III. METODE PENELITIAN

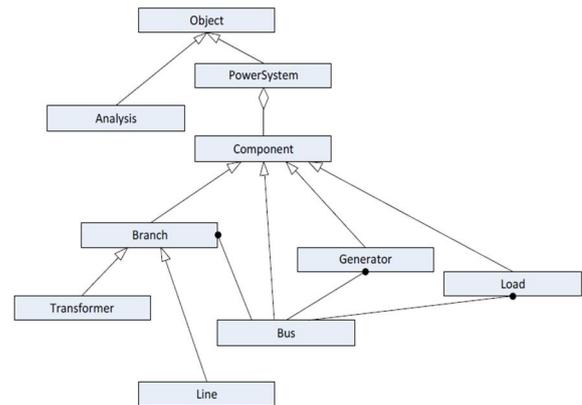
Program UnilaPF yang dikembangkan, terdiri dari beberapa kelas – kelas, yaitu :

A. Kelas Power System

Kelas Power System merupakan kelas yang berisikan tentang pembacaan format data yang ada. Disini akan dilaksanakan proses pengolahan data yang akan dilakukan. Seluruh data di setiap komponen akan dipanggil oleh kelas power system dan kemudian akan diolah kedalam fungsi.

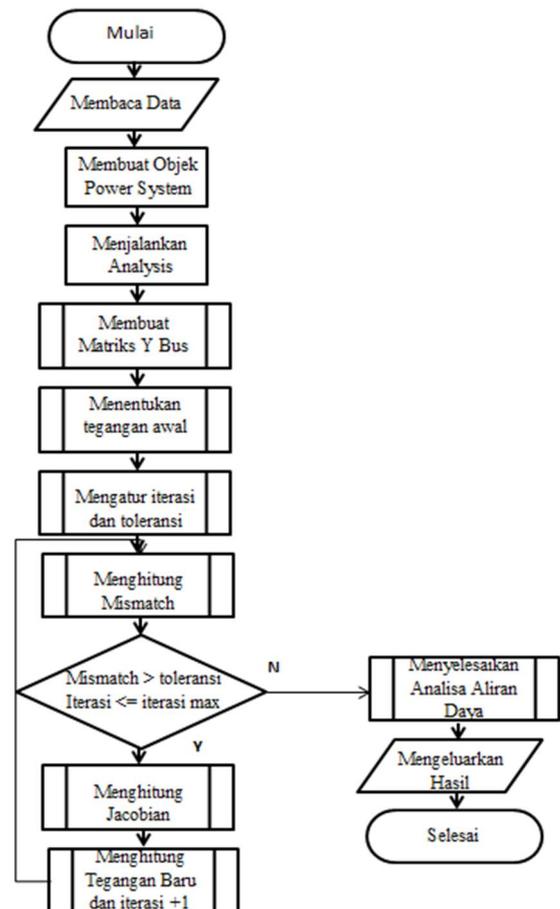
B. Kelas Analysis

Kelas Analysis adalah kelas yang berisikan tentang rumus – rumus aliran daya tiga fasa tak seimbang. Mulai dari membuat matriks admitansi, menghitung nilai mismatch, membuat matriks Jacobian, hingga menyelesaikan persamaan matriks dari rumus – rumus tersebut. Di kelas ini juga terjadi proses iterasi yang akan terus dilakukan hingga nilai yang diperoleh sudah konvergen, yaitu nilainya lebih kecil dari nilai mismatch daya yang telah ditetapkan. Di kelas ini juga akan ditunjukkan hasil output yang diharapkan, yaitu berupa besarnya tegangan dan sudut fasa pada tiap bus dan besarnya daya aktif dan daya reaktif.



Gbr. 3 Struktur kelas UnilaPF

Proses pengolahan data pada program UnilaPF ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gbr. 4 Diagram alir program UnilaPF

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penyulang Katu pada GI Menggala

Sistem yang dianalisa adalah Penyulang Katu pada GI Menggala. Pada simulasi sistem distribusi Penyulang Katu pada GI Menggala, tegangan basis ditetapkan sebesar 20 kV. Penyulang Katu itu sendiri terdiri dari 1 sumber grid yaitu Gardu Induk, 119 bus, 118 saluran, dan 106 beban. Total daya beban pada Penyulang Katu yaitu sebesar 4.039 MW dan 2.46 MVar. Daya pada fasa a sebesar 1.239 MW dan 0.729 MVar, daya pada fasa b sebesar 1.44 MW dan 0.912 MVar, dan daya pada fasa c sebesar 1.36 MW dan 0.823 MVar.

B. Skenario Simulasi

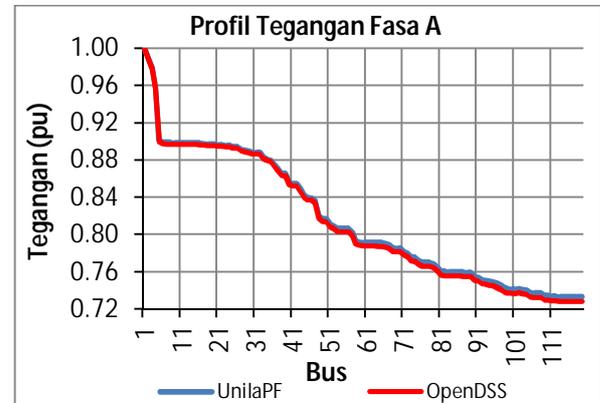
Skenario yang akan disimulasikan terdiri dari empat jenis skenario dengan porsi model beban yang berbeda – beda, yaitu :

- 1) Seluruh beban dimodelkan sebagai beban constant power (100% CP) dengan kasus Penyulang Katu GI Menggala.
- 2) Seluruh beban dimodelkan sebagai beban constant current (100% CC) dengan kasus Penyulang Katu GI Menggala.
- 3) Seluruh beban dimodelkan sebagai beban constant impedance (100% CI) dengan kasus Penyulang Katu GI Menggala.
- 4) Beban dimodelkan dengan 30% beban constant impedance, 30% beban constant current, dan 40% beban constant power (Mixed Load) dengan kasus Penyulang Katu GI Menggala.

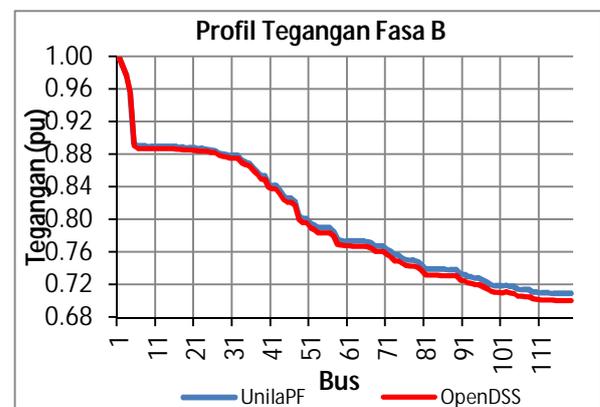
C. Hasil Simulasi Program

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, Kita melihat hasil simulasi pada skenario dengan beban Mixed Load sebagai sample, program UnilaPF membutuhkan 2 iterasi untuk mencapai nilai konvergensi.

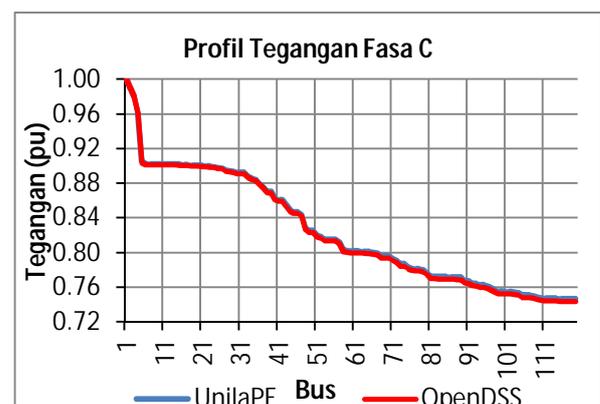
Sedangkan program OpenDSS membutuhkan 8 iterasi untuk mencapai nilai konvergensi. Kemudian diperoleh hasil magnitude tegangan pada masing – masing fasa dan ditunjukkan oleh Gambar 5(a), Gambar 5(b), dan Gambar 5(c).



Gbr. 5 Profil Tegangan pada Fasa A

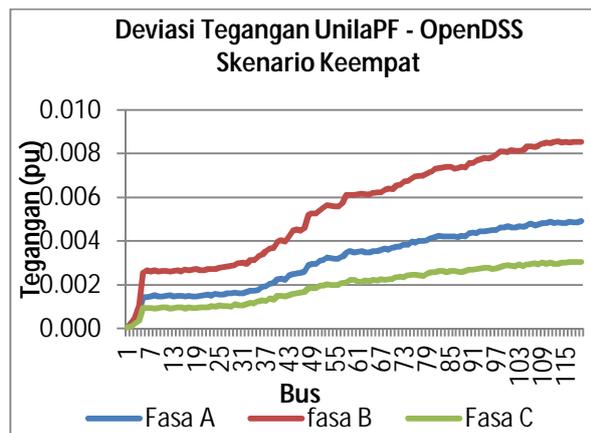


Gbr. 6 Profil Tegangan pada Fasa B



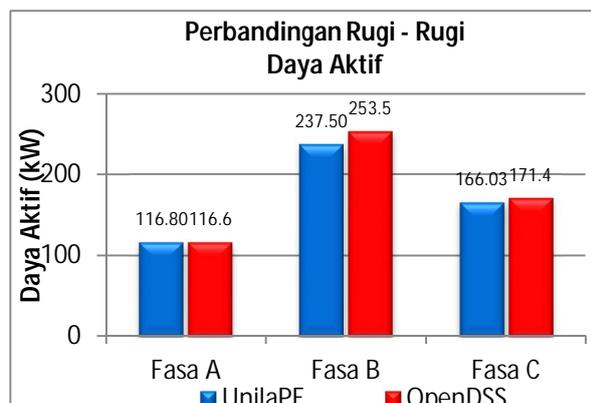
Gbr. 7 Profil Tegangan pada Fasa C

Pada grafik profil tegangan, grafik antara UnilaPF dan OpenDSS saling berhimpitan. Hal ini membuktikan bahwa program UnilaPF memberikan hasil yang berkesesuaian dengan program OpenDSS dengan deviasi tegangan yang tidak jauh berbeda. Deviasi tegangan antara kedua program tersebut ditunjukkan oleh Gambar 8.

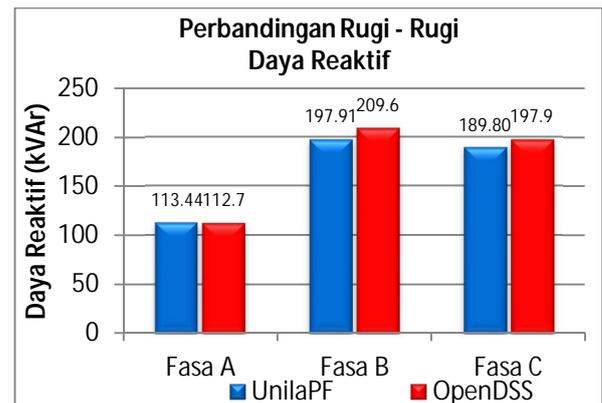


Gbr. 8 Grafik Deviasi Tegangan pada Skenario dengan Model Beban Mixed Load

Sedangkan rugi – rugi daya aktif dan rugi – rugi daya reaktif yang dihasilkan pada kasus dengan beban 30% Constant Impedance, 30% Constant Current, 40% Constant Power atau Mixed Load ditunjukkan oleh Gambar 7 dan Gambar 8.



Gbr. 9 Perbandingan Rugi – Rugi Daya Aktif pada Skenario dengan Model Beban Mixed load



Gbr. 10 Perbandingan Rugi – Rugi Daya Reaktif pada Skenario dengan Model Beban Mixed load

Setelah dilakukan simulasi antara program UnilaPF dan OpenDSS dengan seluruh skenario. Maka diperoleh hasil simulasi yang telah dirangkum. Hasil tersebut ditunjukkan oleh Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Tabel Deviasi Tegangan Maksimal antara UnilaPF dan OpenDSS

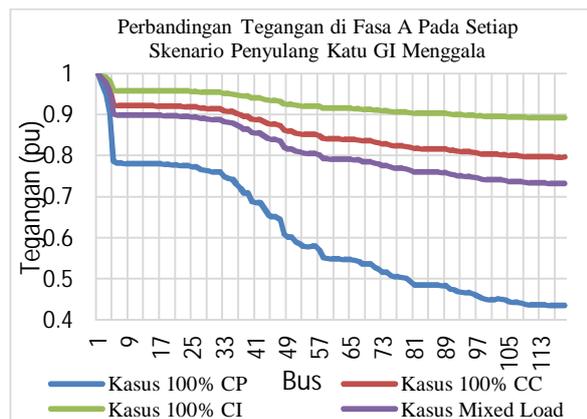
No	Skenario	Max(Va)		Max(Vb)		Max(Vc)	
		pu	%	pu	%	pu	%
1	100% CP	0.00008	0.0087	0.00008	0.0087	0.00008	0.0089
2	100% CC	0.00105	0.1319	0.00152	0.1941	0.0008	0.0993
3	100% CI	0.00014	0.0157	0.00018	0.0202	0.00012	0.0133
4	Mixed Load	0.00491	0.6744	0.00855	1.2194	0.00305	0.4101

Tabel 2. Tabel Rugi – Rugi Daya Aktif dan Reaktif antara UnilaPF dan OpenDSS

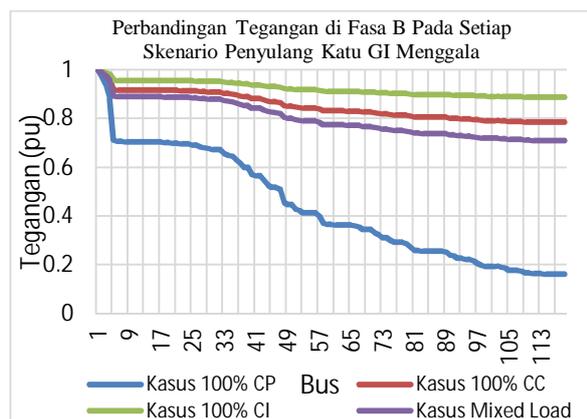
No	Skenario	P Losses (kW)		Q Losses (kW)	
		Unila PF	Open DSS	Unila PF	Open DSS
1	100% CP	139.796	139.8	167.268	167.3
2	100% CC	297.98	298.9	288.7	291.9
3	100% CI	83.16	83.3	80.82	80.9
4	Mixed Load	520.323	541.5	501.153	520.2

A. Perbandingan antara Penerapan Beban Constant Power, Constant Current, Constant Impedance, dan Mixed Load

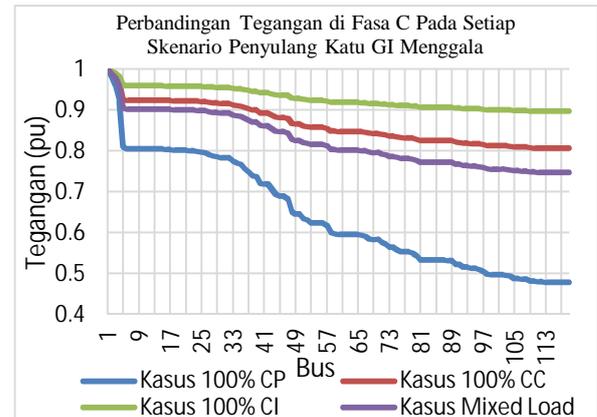
Untuk melihat dan menganalisa setiap model beban yang disimulasikan, perlu adanya perbandingan antara setiap model yang disimulasikan. Perbandingan tegangan pada setiap model beban yang disimulasikan ditunjukkan oleh Gambar 8(a), Gambar 8(b), dan Gambar 8(c).



Gbr. 8(a). Perbandingan Tegangan pada Fasa A

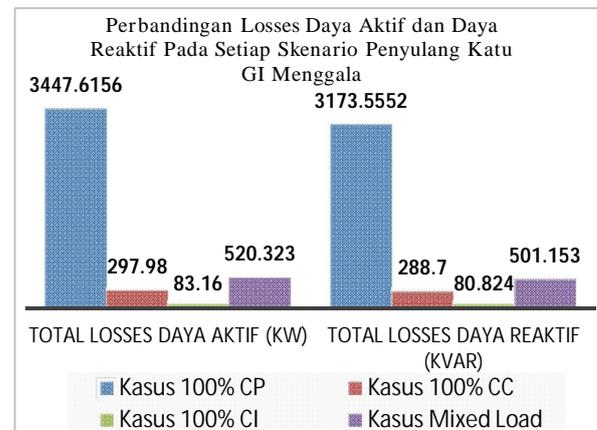


Gbr. 8(b). Perbandingan Tegangan pada Fasa B



Gbr. 8(c). Perbandingan Tegangan pada Fasa C

Kemudian perbandingan rugi – rugi daya aktif dan reaktif pada setiap kasus ditunjukkan oleh Gambar 9.



Gbr. 9 Perbandingan rugi – rugi daya aktif dan rugi – rugi daya reaktif

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil yaitu :

- 1) Program simulasi aliran daya tiga fasa dengan Metode Newton Raphson bentuk rectangular dapat diterapkan untuk model beban ZIP, dan memiliki kesesuaian dengan program OpenDSS yang menggunakan Metode Newton Raphson bentuk polar, dengan perbedaan tegangan

maksimal sebesar 0.00855 pu atau sebesar 1.2194% pada kasus Penyulang Katu GI Menggala.

- 2) Nilai magnitude tegangan, sudut tegangan, total rugi – rugi daya aktif, dan total rugi – rugi daya reaktif di setiap bus pada masing – masing fasa telah didapatkan dengan nilai yang hampir sama dengan OpenDSS.
- 3) Hasil simulasi menggunakan UnilaPF memiliki total iterasi yang lebih sedikit untuk seluruh kasus yaitu sebanyak 10 iterasi, sedangkan OpenDSS dengan iterasi sebanyak 20 iterasi.
- 4) Pemodelan beban ZIP yang disimulasikan memberikan hasil magnitude tegangan yang lebih tinggi dari beban constant power namun lebih rendah dari beban constant current dan constant impedance, dengan tegangan minimal sebesar 0.7091 pu.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

- 1) Mencari komposisi model beban ZIP secara aktual pada setiap jenis. Hal ini dapat diperoleh melalui data beban yang telah di survey oleh PLN atau melalui survey secara mandiri. Dengan demikian, data yang disimulasikan dan hasil yang diberikan akan lebih mendekati nilai aktualnya.
- 2) Meneliti lebih lanjut mengenai konvergensi pada program UnilaPF. Mengingat UnilaPF memberikan hasil konvergen pada kasus 100% Constant Power, sedangkan program pembanding, OpenDSS, tidak konvergen.

REFERENSI

- [1] R. Aswani dan R. Sakthivel, "Power Flow Analysis of 110/11 KV Substation Using ETAP," International Journal of Applied and Studies (iJARS), vol. 3, no. 1, 2014.
- [2] M. Wahidi, "Analisa Aliran Daya Tiga Fasa Tak Seimbang Pada Penyulang Kangkung PT. PLN (Persero) Distribusi Lampung," Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2014.
- [3] L. Hakim, M. Wahidi, T. Handoko, H. Gusmedi, N. Soedjarwanto dan F. Milano, "Development of a Power Flow Software for Distribution System Analysis Based on Rectangular Voltage Using Python Software Package," dalam 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), Yogyakarta, 2014.
- [4] X.-F. Wang, Y. Song and M. Irving, Modern Power System Analysis, New York: Springer Science+Bussines Media, 2008.
- [5] F. Milano, Power System Modelling and Scripting, London: Springer - Verlag, 2010.
- [6] K. Linden dan I. Segerqvist, "Modelling of Load Devices and Studying Load/System Characteristics," Chalmers University of Technology, Goteborg, 1993.
- [7] J. Zhu, Optimization of Power System Operation, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [8] "PowerWorld Corporation," PowerWorld Corporation, 1996. [Online]. Available: www.powerworld.com/files/S01SystemModeling.pdf. [Diakses 12 January 2016].
- [9] S. He, "Modeling Power System Load Using Intelligent Methods," Kansas State University, Manhattan, 2011.