

Studi Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi *Distributed Generation* (DG) Pada Sistem Distribusi 3 Fasa Metode *Newthon Rhapson* Untuk Meningkatkan Keluaran Daya Aktif DG

Surya Mahendra, Ontoseno Penangsang, Rony Seto Wibowo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: surya09@mhs.ee.its.ac.id, zenno_379@yahoo.com, ronyseto@ee.its.ac.id

Abstrak - Aliran daya merupakan suatu hal yang sangat penting dalam perencanaan dan desain sistem tenaga. Informasi yang utama dari aliran daya adalah magnitude dan sudut fasa dari tegangan pada masing-masing bus serta aliran daya aktif pada masing-masing saluran. *Newton-Raphson* merupakan salah 1 metode untuk mengatasi aliran daya dari susunan persamaan non linier yang terdapat matriks bus admitansi (Ybus) dengan 2 atau lebih variable. Suatu jaringan memiliki data saluran dan data bus yang membentuk suatu konfigurasi tertentu. Pada kenyataannya, konfigurasi tersebut belum mampu untuk meningkatkan keluaran daya yang diinginkan. Penempatan lokasi *distributed generation* (DG) dan konfigurasi ulang perlu dilakukan dengan tujuan keluaran daya tersebut menjadi aktif. Studi rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi *distributed generation* (DG) pada sistem distribusi radial 3 fasa seimbang metode *newton rhapson* merupakan solusi dari permasalahan tersebut. Hasil yang diharapkan tugas akhir ini dalam bentuk sebuah program *load flow* jaringan distribusi aktif. Keluaran tersebut dapat digunakan untuk analisis jaringan distribusi radial sehingga dapat membantu dalam peningkatan keluaran daya aktif DG.

Kata Kunci : Aliran Daya, 3 Fasa, Rekonfigurasi Jaringan, DG, Distribusi Radial.

I. PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya kebutuhan pasokan listrik serta seringkali sistem distribusi listrik menjadi besar dan kompleks menyebabkan kerugian sistem yang lebih tinggi dengan pengaturan tegangan yang buruk. Studi menunjukkan bahwa hampir 10-13% dari total daya dihasilkan hilang sebagai kerugian pada tingkat distribusi. Sehingga menyebabkan peningkatan biaya energi dan profil tegangan yang buruk. Oleh karena itu peningkatan keandalan transmisi listrik dalam jaringan menjadi sangat penting. Metode yang umum digunakan untuk stabilitas tegangan dan penurunan daya dalam sistem distribusi adalah rekonfigurasi jaringan dan penempatan DG. Adapun DG sendiri merupakan suatu pembangkit listrik yang tersebar dan terhubung ke jaringan utama distribusi. Jenis pembangkit tersebar umumnya merupakan *renewable energy* seperti *wind turbin*, *mikro hidro* dan *pv voltage*. Sehingga pada pengoperasian tiap-tiap unit pembangkit tersebar tidak selalu bisa secara berkelanjutan mensuplai daya ke jaringan utama. Maka dari itu status tiap unit DG untuk kondisi waktu tertentu berbeda. Rekonfigurasi jaringan dan penempatan DG dapat memaksimalkan keuntungan dan mengurangi kerugian akibat dari sistem tenaga listrik.

Sistem Distribusi Radial dapat didefinisikan bila antara titik sumber dan titik bebannya hanya terdapat satu saluran, maka merupakan bentuk jaringan yang paling sederhana dengan keuntungan pengamanan terhadap arus gangguan lebih mudah, arus gangguan lebih kecil, pengaturan tegangan lebih mudah, peramalan dan pengaturan aliran daya lebih mudah, dan biaya relatif murah. Saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani, maka arus beban yang mengalir sepanjang saluran menjadi tidak sama besar, sehingga disebut radial. Hal ini mengakibatkan luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak harus sama. Dengan pengertian, saluran utama (dekat sumber) yang menanggung arus besar, ukuran penampangnya relatif besar, dan saluran cabang-cabangnya makin ke ujung dengan arus beban yang lebih kecil, ukurannya lebih kecil pula.

Tugas akhir ini dibuat untuk merencanakan rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG yang tepat untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG melalui *plant IEEE 14 Bus*. Sehingga dari hasil tersebut diketahui peningkatannya dengan menjaga tegangan sistem dalam keadaan aman. Penggunaan metode *Newthon Rhapson* dalam aliran daya dengan memperhatikan arus yang ada pada sistem serta dapat diketahui kondisi tegangan sistem agar tetap aman (menghindari kondisi *under voltage*) dan berapa pula kapasitas DG yang diinjeksikan pada suatu bus yang terpilih.

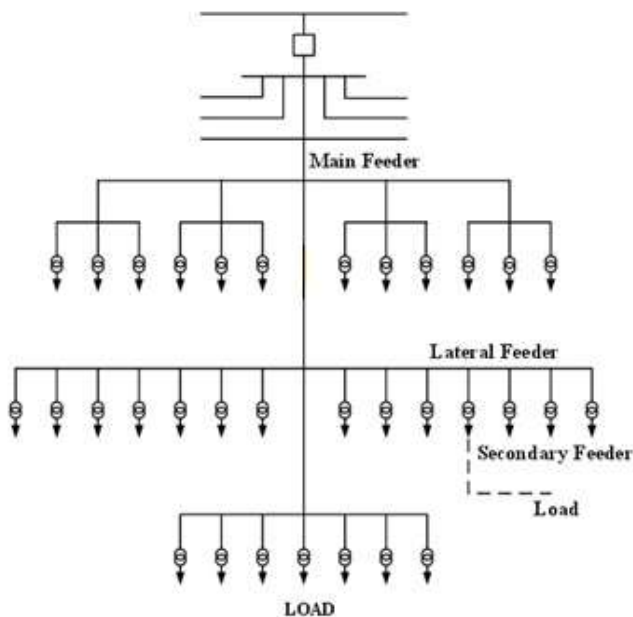
II. SISTEM DISTRIBUSI RADIAL, *DISTRIBUTED GENERATION*, REKONFIGURASI JARINGAN

A. Sistem Distribusi Radial [1]

Bila antara titik sumber dan titik bebannya hanya terdapat satu saluran, maka merupakan bentuk jaringan yang paling sederhana dengan keuntungan pengamanan terhadap arus gangguan lebih mudah, arus gangguan lebih kecil, pengaturan tegangan lebih mudah, peramalan dan pengaturan aliran daya lebih mudah, dan biaya relatif murah. Saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani, maka arus beban yang mengalir sepanjang saluran menjadi tidak sama besar, sehingga disebut radial. Hal ini mengakibatkan luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini

ukurannya tidak harus sama. Dengan pengertian, saluran utama (dekat sumber) yang menanggung arus besar, ukuran penampangnya relatif besar, dan saluran cabang-cabangnya makin ke ujung dengan arus beban yang lebih kecil, ukurannya lebih kecil pula.

Untuk melokalisasi gangguan, pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman berupa *fuse*, *sectinalizer*, *recloser*, atau alat pemutus beban lainnya, hanya saja fungsinya membatasi daerah yang mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sebelum/setelah titik gangguan, selama gangguan belum teratasi.



Gambar 1. Sistem Distribusi Radial

Hal ini erat kaitannya dengan aliran daya yang merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, dan daya yang terdapat pada berbagai titik suatu jaringan pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun akan datang [2]. Sehingga dapat memantau beban untuk dilakukan pengaturan kualitas daya yang dikirim. Banyak peneliti yang mengembangkan metode aliran daya, khususnya pada jaringan distribusi. Data yang diperlukan untuk studi aliran daya adalah matriks Y_{bus} atau matriks Z_{bus} dari sistem yang akan dipelajari. Hal ini sangat penting karena matriks Y_{bus} maupun Z_{bus} berisi informasi data saluran sistem. Kemudian data-data jenis bus, termasuk ke dalam jenis bus beban atau bus generator. Jika pada bus terdapat generator, maka bus tersebut disebut bus generator. Sedangkan bus yang tidak memiliki generator disebut sebagai bus beban. Pada setiap bus generator perlu dimasukkan data pembangkitan daya aktif pada generator, kemudian pada bus beban juga perlu dimasukkan data beban. Ada satu bus generator yang tidak ditentukan besar pembangkitan daya aktif, yang disebut *slack* atau *swing bus*. *Swing bus* ini terhubung dengan generator yang memiliki kapasitas daya paling besar pada sistem. Generator pada *swing bus* mensuplai perbedaan antara daya aktif ke dalam sistem pada bus lain dan total keluaran ditambah losses. *Magnitude* dan sudut tegangan pada *swing bus* telah ditentukan terlebih dahulu.

Aliran daya disini menggunakan metode *Newton Rhapson*[3]. Merupakan metode dengan untuk mencari hampiran terhadap akar fungsi riil. Metode ini sering konvergen dengan cepat, terutama bila iterasi dimulai dengan cukup dekat” dengan akar yang diinginkan. Namun bila iterasi dimulau jauh dari akar yang dicari, metode ini dapat meleset.

B. Distributed Generation[4]

Distributed Generation (DG) merupakan suatu pembangkit tenaga listrik yang berukuran kecil dan bukan merupakan bagian dari sistem pembangkit pusat, melainkan berada dekat dengan beban. DG merupakan pendekatan baru dalam industri pembangkitan tenaga listrik yang memberikan paradigma baru terhadap konsep pembangkit listrik terpusat konvensional. Dalam berbagai literatur masih belum terdapat persamaan konsep yang pasti terhadap definisi DG. Semua literatur memang menyatakan bahwa DG merupakan pembangkit kecil dengan peletakan yang terdistribusi pada sitem, namun belum ada persamaan persepsi diantara para ahli mengenai batasan ukuran dan lokasi penempatan DG

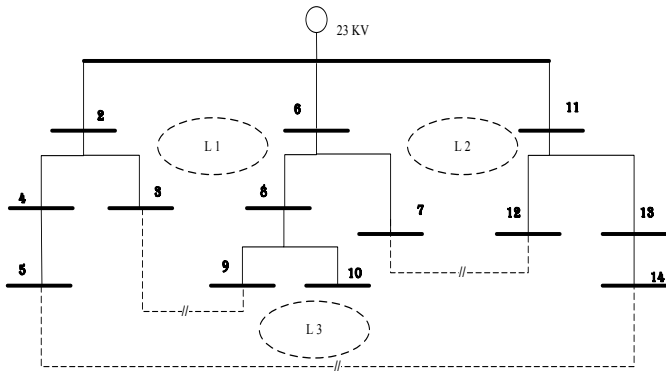
Kapasitas maksimum yang mungkin disuplai oleh DG sebagai sumber energi listrik sering digunakan untuk membatasi kualifikasi dari DG itu sendiri. Klasifikasi DG berdasarkan kapasitas pembangkit adalah Mikro, Kecil, Sedang, dan besar. Teknologi DG yang sering digunakan adalah *micro-hydro*, panel surya, turbin angin, mesin diesel, sel bahan bakar, dan baterai yang terdiri dari sejumlah modul-modul kecil dan dirakit secara tersendiri oleh pabrik[7]. Hal ini dilakukan untuk mempermudah konstruksi dan implementasi pada lokasi DG

C. Rekonfigurasi Jaringan

Merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran (*switching*) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. Pemodelannya adalah dengan membuka dan menutup *switch* dan memilih beberapa *tie switch* yang memungkinkan sehingga didapatkan total daya aktif yang paling besar.

III. PERANCANGAN REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN LOKASI DG

Dalam tugas akhir yang dikerjakan akan menggunakan *plant IEEE 14 Bus*. Rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG untuk mendapatkan peningkatan keluaran daya aktif dari DG yang dipasang pada bus tertentu. Langkah-langkah dalam perancangan untuk mendapatkan data yang akan dianalisa ini adalah pengumpulan data, simulasi *load flow* menggunakan metode *Newton Rhapson*, penentuan lokasi DG dengan metode kombinasi *trial error*, dan rekonfigurasi jaringan untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG. Tentu saja dengan skenario-skenario yang telah ditentukan sebelumnya dan terlihat pada hasil.



Gambar 2. Plant Tugas Akhir

Tabel 1.

Data Saluran dan beban sistem distribusi radial IEEE 14 bus[6]

Branch Numb	Send to Receive Bus	R (Ohm)	X (Ohm)	Nominal Beban P (MW)	Nominal Beban Q (MVAR)
1	1 – 2	0.39675	0.52900	2.0	1.6
2	2 – 3	0.42320	0.58190	3.0	1.5
3	2 – 4	0.47610	0.95220	2.0	0.8
4	4 – 5	0.21160	0.21160	1.5	1.2
5	1 – 6	0.58190	0.58190	4.0	2.7
6	6 – 7	0.58190	0.58190	1.0	0.9
7	6 – 8	0.42320	0.58190	5.0	3.0
8	8 – 9	0.58190	0.58190	0.6	0.1
9	8 – 10	0.42320	0.58190	4.5	2.0
10	1 – 11	0.58190	0.58190	1.0	0.9
11	11 – 12	0.47610	0.63480	1.0	0.7
12	11 – 13	0.42320	0.58190	1.0	0.9
13	11 – 14	0.21160	0.21160	2.1	1.0

Tie line

14	3 – 9	0.21160	0.21160		
15	7 – 12	0.21160	0.21160		
16	5 – 14	0.47610	0.63480		

A. Metode Newton Rhapson

Dalam pendefinisian daya pada sistem distribusi adalah beberapa bagian elemen yang saling interkoneksi antara sepasang titik. Secara sederhana perangkat daya yang paling umum dalam jaringan distribusi dapat diklasifikasikan dalam 3 tipe yaitu Sumber daya, saluran feeder, dan beban. Untuk menganalisa karakteristik sistem, diformulasikan daya kompleks sebagai berikut:

$$S^* = P - jQ = V \sum_{i=1}^n Y_i V_i \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : S adalah daya kompleks
 P adalah daya aktif
 Q adalah daya reaktif

Dari persamaan 1, maka didapat

$$\left(\frac{S}{V}\right)^* = I = F + jH = \sum_{i=1}^n Y_i V_i \dots\dots\dots (2)$$

$$F_{cal} = \sum_{i=1}^n |Y_i V_i| \cos(\theta_1 + \delta_1) - \left|\frac{S}{V}\right| \cos(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (3)$$

$$H_{cal} = \sum_{i=1}^n |Y_i V_i| \sin(\theta_1 + \delta_1) - \left|\frac{S}{V}\right| \sin(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (4)$$

Dimana : I adalah Arus kompleks

F_{cal} adalah Arus nyata

H_{cal} adalah Arus Reaktif

Sehingga, persamaan arus yang digunakan dalam metode Newton-Rhapson seperti berikut:

$$\begin{bmatrix} \Delta F \\ \Delta H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F}{\partial \delta} & \frac{\partial F}{\partial V} \\ \frac{\partial H}{\partial \delta} & \frac{\partial H}{\partial V} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta \\ |V| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta \\ |V| \end{bmatrix}$$

Dengan memperhatikan matriks diatas didapat submatriks J₁, J₂, J₃, J₄. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$J_1 = -|YV| \sin(\theta + \delta) + \left|\frac{S}{V}\right| \sin(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (5)$$

$$J_2 = |Y| \cos(\theta + \delta) + \left|\frac{S}{V^2}\right| \cos(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (6)$$

$$J_3 = |YV| \cos(\theta + \delta) - \left|\frac{S}{V}\right| \cos(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (7)$$

$$J_4 = |Y| \sin(\theta + \delta) + \left|\frac{S}{V^2}\right| \sin(\delta - \varphi) \dots\dots\dots (8)$$

Adapun alur metode ini adalah:

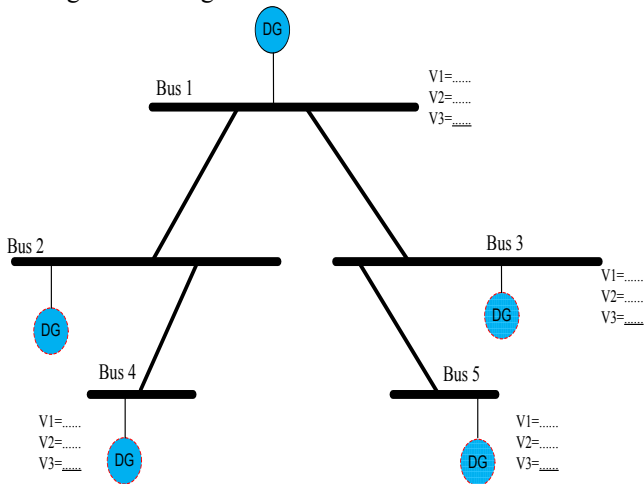
- Membaca Data bus dan saluran yang telah tersedia
- Menentukan matriks jacobian
- Menghitung besar nilai F dan H
- Menghitung besar elemen matriks jacobian
- Mengupdate nilai tegangan tiap bus
- Mengecek nilai konvergensi, apabila belum konvergen kembali menghitung nilai F dan H
- Apabila telah konvergen, maka hasil load flow dapat ditampilkan.

B. Penentuan Lokasi DG

Setelah melakukan running program Load Flow, sehingga dapat diketahui bus bus mana saja yang memiliki tegangan tidak normal. Oleh karena itu diperlukan pemasangan DG dan menentukan lokasinya.

Langkah dalam pemasangan DG pada sistem distribusi radial adalah dengan kombinasi trial error dengan penempatan DG pada semua bus. Kemudian dengan melihat keadaan tegangan, sedikit demi sedikit menaikkan kapasitas DG sampai keadaan tegangan pada sistem menjadi normal. Apabila tegangan sistem telah normal, maka nilai kapasitas DG tersebut merupakan keluaran aktif DG pada bus yang bersangkutan. Apabila kenaikan DG sampai melebihi rating dan tegangan belum juga normal, maka disarankan untuk

mengganti dari lokasi DG pada bus yang lain. Adapun bentuk gambar sebagai berikut:

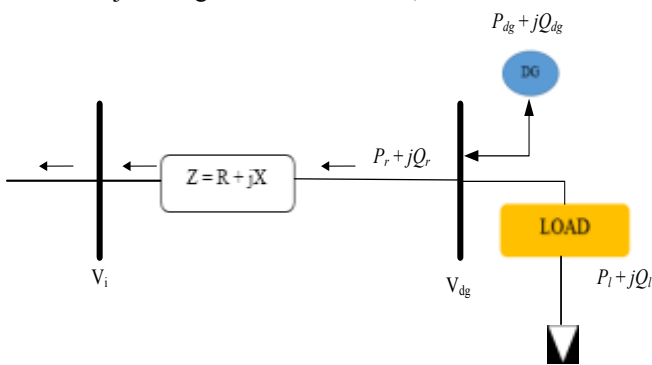


Gambar 3. Penentuan Lokasi DG

Langkah dalam penentuan lokasi DG:

- Mencoba kemungkinan pemasangan DG pada semua Bus
- Mengamati kondisi tegangan pada sistem
- Menaikkan keluaran DG dari 0 MW dengan melihat tegangan sistem menjadi normal
- Apabila tegangan sistem telah normal dan daya keluaran DG pada ratingnya, maka disarankan pemasangan DG pada Bus tersebut.

Kemudian langkah untuk menginjeksi DG pada Bus, akan ditunjukkan gambar di bawah ini,



Gambar 4. Jaringan 2 bus dengan DG

Gambar diatas merupakan langkah penginjeksian DG dan diatur dengan persamaan berikut

Total injeksi Daya :

$$S_r = P_r + jQ_r \dots\dots\dots (9)$$

$$S_r = P_{dg} + jQ_{dg} - P_l - jQ_l \dots\dots\dots (10)$$

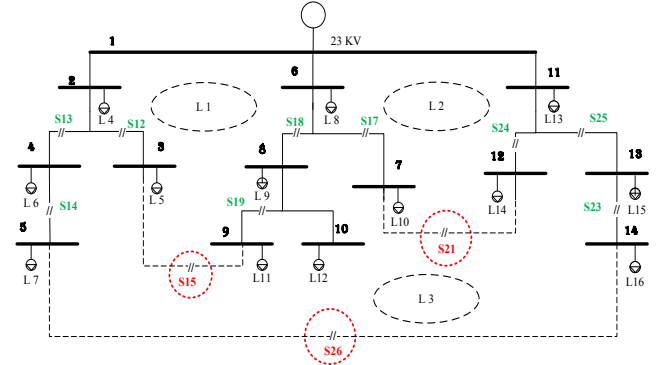
Persamaan diatas dapat juga ditulis sebagai berikut:

$$S_r = I_r^* V_{dg} \dots\dots\dots (11)$$

$$S_r = I_r V_{dg}^* \dots\dots\dots (12)$$

C. Rekonfigurasi Jaringan

Merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran (*switching*) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. Pemodelannya adalah dengan membuka dan menutup *switch* dan memilih beberapa *tie switch* yang memungkinkan sehingga didapatkan total daya aktif yang paling besar. Ilustrasi dari rekonfigurasi jaringan akan disajikan dibawah ini:



Gambar 5. Rekonfigurasi Jaringan

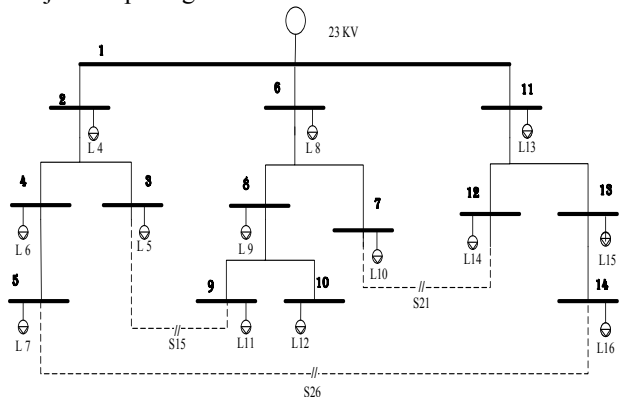
Kombinasi secara sederhana dari cara mengkonfigurasi ulang jaringan, dirangkum dalam tabel dibawah ini. Terdapat beberapa bagian dari switch yang dibuka dan ditutup, tentunya sistem yang diujikan tetap dijaga radial, agar tidak keluar dari batas-batas aliran daya.

Tabel 2. Kombinasi *Tie Switch*

Kombinasi	<i>Tie Switch</i>		Keterangan
	Tutup	Buka	
1	15	19	1 switch
2	21	17	1 switch
3	26	13	1 switch
4	21,26	13,17	2 switch
5	15,26	13,19	2 switch
6	15,21	19,17	2 switch

IV. SIMULASI dan ANALISIS

Sistem Jaringan distribusi IEEE 14 Bus yang diuji memiliki total beban 28,7 MW, 17,3Mvar. Dengan kVbase = 23 kV dan S= 1 MVA. Adapun Sistem tersebut ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



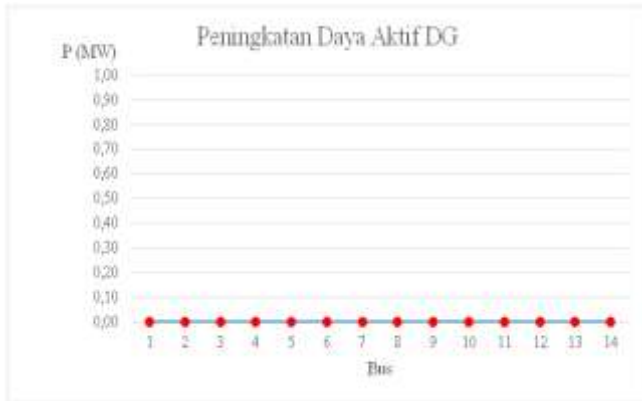
Gambar 6. Sistem 14 bus beserta beban

Simulasi menggunakan *software* MATLAB R2009a, dengan perolehan data-data tersebut. Beberapa data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

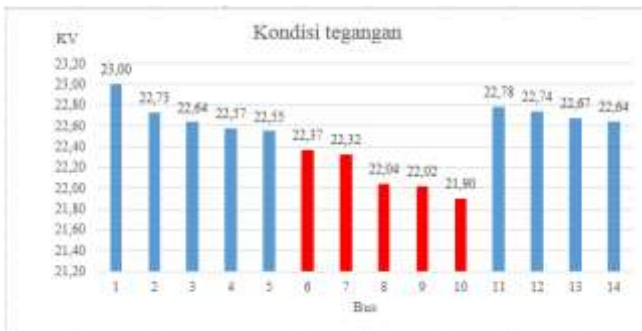
1. *Single line diagram*
2. Data saluran
3. Data beban

A. Hasil simulasi kondisi awal (tanpa DG dan rekonfigurasi)

Adapun hasil peningkatan DG dan kondisi tegangan sistem akan ditampilkan gambar sebagai berikut:



Gambar 7. Peningkatan Daya Aktif sebelum Penentuan Lokasi DG



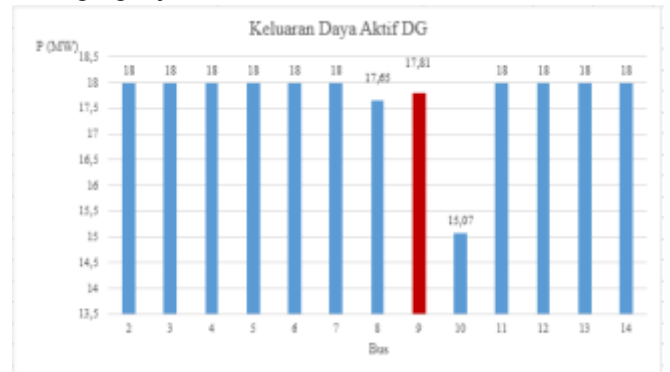
Gambar 8. Kondisi Tegangan sebelum Penentuan Lokasi DG

Setelah dilakukan simulasi aliran daya menggunakan *software* matlab r2009a, maka didapatkan nilai Peningkatan Daya sebesar 0 MW, dikarenakan semua beban pada bus menyerap daya dan terdapat 5 bus yang mempunyai kondisi *marginal* pada bus 6 sampai 10. Sehingga dibutuhkan suatu cara untuk meningkatkan daya aktif yaitu dengan penentuan lokasi DG pada beberapa bus sesuai skenario yang telah ditentukan pada plant 14 Bus tersebut.

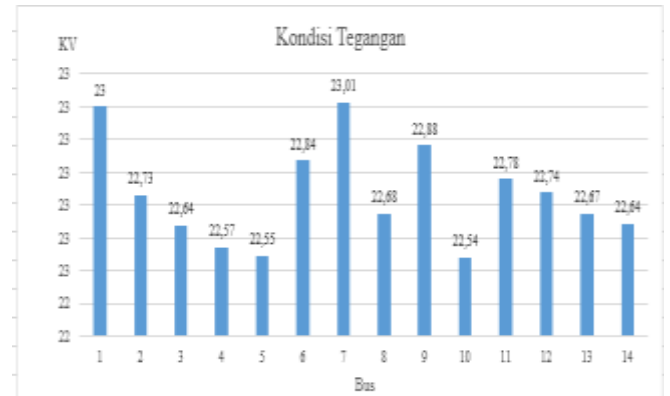
B. Hasil simulasi dengan penentuan lokasi DG

Jika dilihat dari grafik di bawah yang merupakan peningkatan daya aktif daya DG apabila lokasi pemasangan DG diletakkan pada bus 7 (DG 1 = 9 MW) dan bus 9 (DG 2 = 8,81) yang merupakan peningkatan yang paling signifikan karena mendekati rating DG. Lokasi penempatan DG tidak disarankan Selain dari penempatan lokasi DG pada bus

tersebut karena dayanya melebihi rating dari kapasitas DG dan tegangan jauh dari kondisi aman.



Gambar 9. Peningkatan Daya Aktif setelah Penentuan Lokasi DG

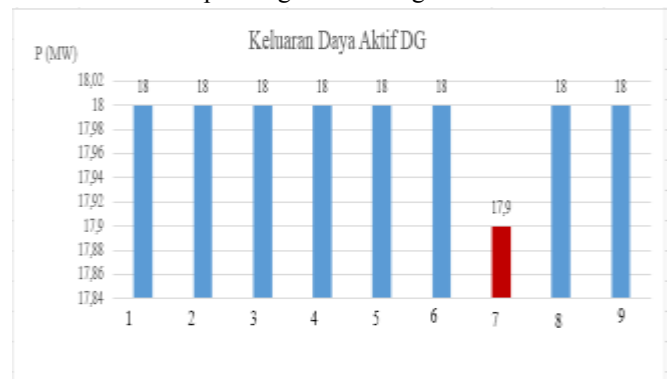


Gambar 10. Kondisi tegangan setelah Penentuan Lokasi DG

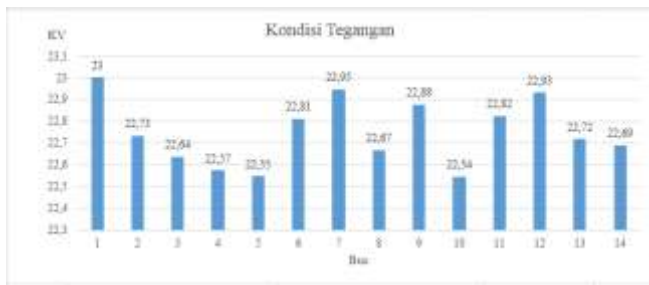
Dari grafik diatas terlihat bahwa semua kondisi tegangan pada masing- masing bus telah aman, jika dibandingkan dengan sebelum penambahan lokasi DG. Pada saat sebelum penentuan lokasi DG, bus 6 sampai 10 mengalami kondisi *marginal*, maka harus dinormalkan kembali. Oleh karena itu dengan adanya penambahan DG mempunyai peran yang penting dalam mengamankan kondisi tegangan tersebut.

C. Hasil simulasi rekonfigurasi jaringan setelah penentuan lokasi DG

Adapun hasil peningkatan DG dan kondisi tegangan sistem akan ditampilkan gambar sebagai berikut:



Gambar 11. Peningkatan daya aktif DG dengan rekonfigurasi setelah penentuan lokasi DG



Gambar 12. Kondisi tegangan dengan rekonfigurasi setelah penambahan DG

Setelah mengalami rekonfigurasi (dengan pembukaan *switch* 15, 24, 26) dan penambahan DG (pada bus 7 dan bus 9) terlihat bahwa kondisi tegangan aman pada seluruh bus. Hal itu dapat terlihat dari bus 1 sampai 14 diatas tegangan *marginal* yaitu 22,54 KV.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari simulasi dan analisa data pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan metode *Newton-Rhpson* dapat digunakan sebagai solusi dari studi rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG untuk meningkatkan keluaran daya aktif DG.
2. Dengan pemasangan DG pada setiap bus, maka didapat peningkatan daya aktif pada bus tersebut, sehingga beban dapat tersuplai daya.
3. Pada saat sebelum pemasangan DG, peningkatan daya aktif sebesar 0 MW, namun keluaran daya aktif meningkat sebesar 17,81 MW setelah pemasangan DG.
4. Melakukan rekonfigurasi jaringan dengan membuka atau menutup *switch* pada saluran serta memperhatikan aliran daya. Dengan memperhatikan setiap bus masih tersuplai daya maka jumlah bus yang tersuplai seperti jumlah bus pada awalnya dan sistem dijaga agar tetap radial.
5. Peningkatan daya aktif pada rekonfigurasi jaringan setelah pemasangan DG secara bersamaan sebesar 17,9 MW.
6. Pemakaian *Artificial Intelegent* sangat disarankan untuk menyelesaikan metode tersebut mengingat terdapat 182 tipe kombinasi untuk penentuan lokasi DG dan 61 tipe kombinasi untuk rekonfigurasi dan penentuan DG secara simultan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stevenson, William D. Jr, and Grainger, Jhon J, "Power System Analysis", North Caroline State University, Ch. 9, 1994.
- [2] Saadat, Hadi, "Power System Analysis", Milwaukee School of Engineering, Ch. 6, 1999.
- [3] Stevenson, William D., Jr, "Analisis Sistem Tenaga Edisi ke Empat", Alih Bahasa oleh Ir Kamal Idris. Penerbit Erlangga. Jakarta, 1995.
- [4] Short, Tom, "Electric Power Distribution HandBook", Schenectady, New York, 2004.
- [5] Zuhail, "Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya", Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1995.

- [6] L N Shivakumar and G R Kiran Kumar and H B Marulasiddappa, "Implementation of Network Reconfiguration Technique for Loss Minimization on a Standard 16 Bus Distribution System", IJSCE, Vol 3, Issue 6, January 2014
- [7] Paliwal, Priyanka and Patidar, N.P and Nema, R.K "Planning of grid integrated distributed geerators : A review of technology, objective and technique", ELSEVIER, 557-570, 2014