

# MODELISASI PENYELESAIAN ALIRAN DAYA DENGAN METODA NEWTON RAPHSON DIMODIFIKASI

Yusniati

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik UISU  
yusniawati@ft.uisu.ac.id

## Abstrak

Sebuah metoda untuk penyelesaian aliran daya dengan modelisasi eliminasi bus-bus beban sistem tenaga listrik untuk kondisi beban statis. Mula-mula system beban dimodelkan dengan menambahkan konstanta eksponensial model daya aktif dan daya reaktif, selanjutnya direfleksikan dalam matrik admittansi bus, kemudian mengeliminasi bus-bus beban. Model yang diperoleh merupakan model yang telah direduksi dengan orde matrik sama dengan jumlah bus generator, variable – variable dari model reduksi ini hanya sudut tegangan bus generator dan dihitung dengan metoda Newton-Raphson, sedangkan sudut tegangan dan tegangan bus-bus beban dihitung dengan metoda Eliminasi. Pemodelan dengan eliminasi bus-bus beban ini diterapkan pada system tenaga IEEE 57 bus 80 saluran dengan model konstanta eksponensial yang bervariasi. Hasil penyelesaian penerapan metoda ini lebih cepat 20.18 % dengan metoda Newton Raphson konvensional

**Kata Kunci :** Aliran Daya, Newton Raphson, Modelisasi, Beban

## I. Pendahuluan

Perkembangan akan kebutuhan listrik semakin pesat sesuai dengan pertumbuhan penduduk dewasa ini, beban system akan semakin berkembang, wilayah jangkauan semakin meluas dan semakin banyak bus-bus beban dan bus pembangkit pada sistem tenaga. Dalam analisa aliran daya tentunya membutuhkan waktu yang sangat lama. Untuk mengatasi masalah ini dapat dilakukan dengan metoda Newton-Raphson. Dalam penyelesaiannya metoda ini melibatkan orde matrik berbanding lurus dengan jumlah bus nya dan memerlukan memori yang besar serta waktu yang lama. Dalam penulisan ini dilakukan modifikasi dari metoda Newton-Raphson yang menghasilkan metoda Pemodelan dan eliminasi bus-bus beban.

Tujuan penelitian ini membahas suatu metoda untuk penyelesaian aliran daya dengan metoda Newton Raphson yang dimodifikasi dimana bus-bus beban dieliminasi setelah dilakukan pemodelan beban, aplikasi diterapkan pada model IEEE sistem tenaga 57 bus 80 saluran.

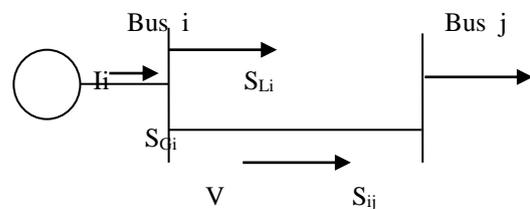
## II. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Model beban

Daya aktif  $P$  dan daya reaktif  $Q$  pada bus  $i$  merupakan selisih antara daya aktif dan daya reaktif yang dibangkitkan oleh generator dengan daya beban dan daya yang mengalir meninggalkan bus  $i$  menuju ke bus lain seperti yang dimodelkan pada Gambar 1.

### 2.2 Persamaan beban

Dalam aliran beban biasanya keadaan beban mewakili karakteristik beban gabungan. Untuk penyelesaian aliran daya model beban dinyatakan dalam bentuk statis, hal ini dapat dianggap bahwa daya aktif dan daya reaktif dari beban hanya sebagai fungsi tegangan.



Gambar 1. Parameter Bus I dalam aliran beban

Persamaan daya semu pada bus beban

$$S_L^* = P_L - jQ_L \quad (1)$$

Pengaruh tegangan terhadap daya aktif dan daya reaktif beban ditentukan oleh parameter “a” dan “b” dengan daya aktif dan daya reaktif  $P_0$  dan  $Q_0$  pada tegangan nominal dapat dimodelkan seperti persamaan berikut, untuk model daya aktif.

$$P_L = P_0 V^a \quad (2)$$

Model daya reaktif

$$Q_L = Q_0 V^b \quad (3)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2) dan (3) ke persamaan (1) persamaan daya semu dapat dimodelkan menjadi.

$$S_L^* = P_0 V^a - jQ_0 V^b \quad (4)$$

Parameter  $P_L$  dan  $Q_L$  adalah komponen daya aktif dan daya reaktif dari beban dan besar tegangan bus adalah  $V$ , subskrip 0 mengidentifikasi nilai dari masing-masing variable pada kondisi operasi awal. Parameter eksponen “a” dan “b” yang dinyatakan sama dengan nol (0) mewakili karakteristik daya konstan, nilai konstanta eksponensial sama dengan satu (1) mewakili arus konstan dan nilai konstanta eksponensial yang

dinyatakan sama dengan dua (2) mewakili karakteristik admitansi konstan. Untuk beban – beban gabungan eksponen a biasanya mempunyai rang antara 0,6 sampai dengan 1,4, sedangkan eksponen b mempunyai rang antara 1,5 sampai dengan 3,2. Untuk beban gabungan nilai rata-rata eksponensial yang diizinkan adalah a = 1 dan b = 2

Persamaan daya semu pada beban dapat dinyatakan dalam bentuk berikut :

$$S^*_L = V^* I_L = Y_L V^2 \quad (5)$$

Persamaan (4) disubsitusikan kepersamaan (5), menghaqsilkan admitansi beban:

$$Y_L = 1/V^2 [ P_0 V^a - jQ_0 V^b ] \quad (6)$$

Jika a = b, maka persamaan (6) akan direduksi menjadi

$$Y_L = (P_0 - jQ_0) V^{(a-2)} \quad (7)$$

Dari persamaan (7) diatas terdapat tiga kasus yaitu :

1. Model admitansi konstan (a = b = 2.0)

$$Y_L = (P_0 - jQ_0) \quad (8)$$

2. Model daya kompleks konstan (a = b = 0.0)

$$Y_L = 1/V^2 (P_0 - jQ_0) \quad (9)$$

3. Model arus konstan (a = b = 1.0)

$$Y_L = 1/V (P_0 - jQ_0) \quad (10)$$

### 2.3 Model Reduksi

Model reduksi yang dilakukan untuk menyederhanakan perhitungan system tenaga listrik yang besar pada kondisi normal. Admitansi beban system tenaga direfleksikan kedalam matriks admitansi, kemudian matriks admitansi dimodifikasi dengan menambahkan admitansi beban pada elemen diagonalnya. Bus-bus beban yang ada dalam suatu matriks admitansi bus dieliminir kedalam bus-bus generator sehingga sehingga orde matriks sama dengan jumlah bus generator seperti model berikut:

$$\begin{bmatrix} I_L \\ I_G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_L & Y_{LG} \\ Y_{GL} & Y_G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_L \\ V_G \end{bmatrix} \quad (11)$$

Untuk mengeliminir matriks tersebut diatas, arus beban (I<sub>L</sub>) dibuat sama dengan nol (I<sub>L</sub> = 0)

Seperti model berikut :

$$\begin{bmatrix} 0 \\ I_G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_L & Y_{LG} \\ Y_{GL} & Y_G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_L \\ V_G \end{bmatrix} \quad (12)$$

Persamaan (12) disederhanakan menjadi :

$$Y_L V_L + Y_{LG} V_G = 0 \quad (13)$$

Arus generator diperoleh dari persamaan berikut:

$$I_G = Y_{GL} V_L + Y_G V_G \quad (14)$$

Tegangan bus-bus beban dapat dihitung dari persamaan (13), seperti berikut :

$$V_L = - Y_L^{-1} Y_{LG} V_G \quad (15)$$

Untuk menghitung arus generator subsitusi persamaan (15) ke persamaan (14), menjadi:

$$I_G = [Y_G - Y_{GL} Y_L^{-1} Y_{LG}] V_G \quad (16)$$

Persamaan (16) dapat disederhanakan menjadi:

$$I_G = Y_R V_G \quad (17)$$

Dan admitansi reduksi adalah:

$$Y_R = Y_G - Y_{GL} Y_L^{-1} Y_{LG} \quad (18)$$

### 2.4 Penyelesaian Model Reduksi

Injeksi daya pada bus-bus generator adalah penyelesaian admitansi reduksi system tenaga kedalam jumlah bus generator seperti persamaan berikut:

$$S^*_{Gi} = V^*_{Gi} I_{Gi} = V^*_{Gi} \sum_{j=1}^{NG} V_{Gj} Y_{ji} \quad (19)$$

Dengan Y<sub>ij</sub> = Y<sub>R</sub> adalah elemen – elemen matriks admitansi bus beban yang direduksi dan NG adalah jumlah bus generator. Daya yang diinjeksikan pada bus-bus generator dalam bentuk polar dapat ditulis sebagai berikut :

$$S^*_{Gi} = V^*_{Gi} \sum_{j=1}^{NG} V_{Gj} \{ G_{ij} \cos(\delta_{ij}) + B_{ij} \sin(\delta_{ij}) \} \quad (20)$$

Dengan:

Y = G + jB menyatakan matriks admitansi jaringan

V = menyatakan besaran tegangan bus

δ = (δ\* = δ - δ<sub>j</sub>) menyatakan sudut fasa tegangan bus

Bila P<sub>i</sub> dan Q<sub>i</sub> adalah injeksi daya aktif dan daya reaktif pada bus i, maka dapat dinyatakan mismatch daya aktif dan daya reaktif dalam bentuk berikut :

$$\Delta P_i = V_{Gi} \sum_{j=i}^{NG} V \quad (21)$$

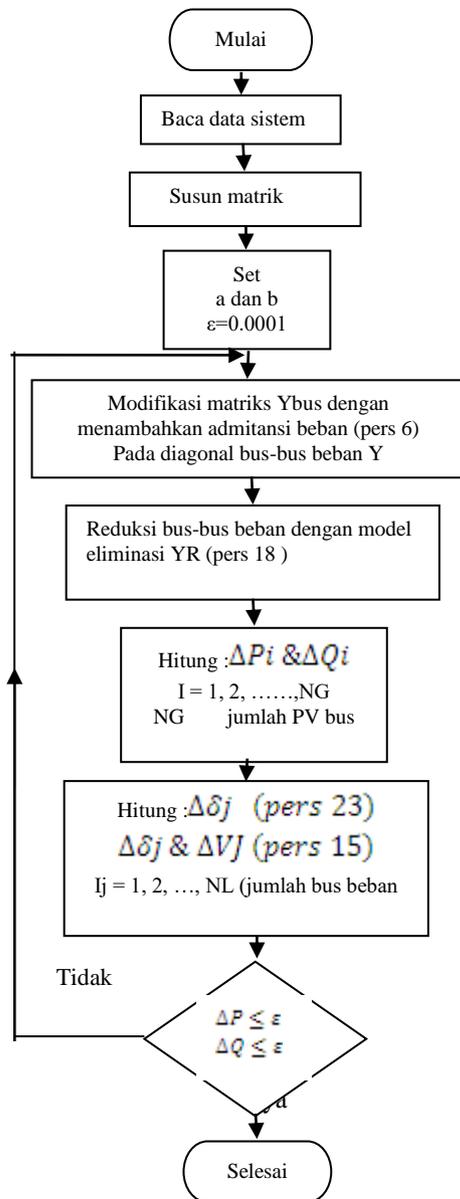
$$\Delta Q_i = V_{Gi} \sum_{j=i}^{NG} V_{Gj} [ G_{ij} \sin(\delta_{ij}) - B_{ij} \cos(\delta_{ij}) ] - Q_i \quad (22)$$

Untuk menghitung sudut tegangan bus generator dapat diperoleh dari variasi daya reaktif, pada persamaan berikut :

$$\Delta P = - J \Delta \delta \quad (23)$$

Setelah dihitung sudut-sudut bus generator, tegangan bus beban dan sudut tegangannya proses pendekatan diulang lagi dengan menghitung kembali admitansi beban sebelum

reduksi. Selanjutnya admitansi beban setelah direduksi dimodifikasi. Proses iterasi akan dihentikan apabila harga maksimum  $|\Delta P|$  dan  $|\Delta Q|$  lebih kecil dari harga yang telah ditetapkan ( $\epsilon \leq 0.0001$ )



Gambar 2. Diagram Alir Modelisasi Eliminasi bus-bus beban

### III. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian metoda Modelisasi dengan pengeliminasian bus-bus beban, dengan reduksi bus-bus beban, implikasi dari matrik tetap merepresentasikan system dengan lengkap, maka dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Untuk studi awal metoda modelisasi & eliminasi bus-bus beban ini lebih andal dibandingkan dengan metoda Newton Raphson konvensional.
2. Dengan menggunakan metoda modelisasi ini kondisi tegangan masih dalam batas toleransi yang diizinkan.
3. Manfaat yang diperoleh dari reduksi bus-bus beban kedalam bus generator dapat digunakan untuk untuk pengalokasian beban. Dengan adanya alokasi beban pada bus-bus generator dapat digunakan untuk menentukan perencanaan awal dan juga pengembangan perencanaan system tenaga listrik.
4. Berdasarkan pengujian metoda eliminasi bus-bus beban ini lebih tepat diaplikasikan pada system tenaga yang lebih besar.

### Daftar Pustaka

- [1] Charles A. Gross., 1986, *Power System Analisis*, John Willey & Sons, Singapore.
- [2] Dias L. G. and El. Hawary. M.E, 1987, *Bus Sensitivity to Load- Model parameter in Load-Flow Studies*, IEE. Proceedings. Vol 134 Part c no 4. pp.302-305 Yuly.
- [3] George. L. Kusic, 1986, *Computer Aided Power Sytem Analysis*, Prentic Hall, Anglewood Liffs, new Yersey.
- [4] Talaq Jawab, 1995, *Modeling and Elimination of Load Buses in Power Flow Solution*, IEEE Tras.on Power System Vol 10, no 3, Agust.

