

PERBANDINGAN METODE GAUSS-SIEDEL DAN METODE NEWTON-RAPHSON DALAM SOLUSI ALIRAN DAYA

Nurhani Amin*

Abstract

Power Flow study solutions with the iteration method has been developed using digital computer. Solution of power flow studies has been increasingly developed as it expands network configuration of power systems, both in planning, development, and operation. There are several methods commonly studied. They are Gauss Seidel Method, Newton Raphson Method, Decoupled Method and Fast Decouple Method. Each methods has advantages and disadvantages.

In this paper, the authors will compare the reliability between Gauss-Seidel Method and Newton Raphson Method in solving problem of power flow to determine the advantages and disadvantages of both methods.

Simulation results found that the Newton Raphson Method is more suitable to calculate the load flow in systems with large number, and less suitable for small systems. While Gauss-Seidel Method is the opposite.

Key words : Gauss-Seidel Method, Newton-Raphson Method, Power flow

Abstrak

Untuk menyelesaikan studi aliran daya dengan metode iterasi (numerik) telah banyak dikembangkan dengan menggunakan komputer digital. Berbagai metode penyelesaian studi aliran daya telah semakin banyak dikembangkan sejalan dengan makin berkembangnya konfigurasi jaringan sistem tenaga, baik dalam perencanaan, pengembangan, maupun pengoperasian. Sampai saat ini beberapa metode yang sering dipelajari adalah Metode Gauss Seidel, Metode Newton Raphson, Metode Decoupled, dan Metode Fast Decoupled. Masing-masing metode untuk analisa aliran daya mempunyai kekurangan dan kelebihan satu sama lain.

Dalam Jurnal ini penulis akan membandingkan keandalan antara metode Gauss-Seidel dan metode Newton Raphson dalam menyelesaikan masalah aliran daya untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan masing-masing metode. Dari hasil simulasi didapat metode Newton Raphson lebih sesuai untuk menghitung aliran beban pada sistem dengan jumlah yang besar, dan kurang sesuai untuk sistem kecil, sedang metode Gauss-Seidel bersifat sebaliknya.

Kata Kunci : Metode Gauss-Seidel, Metode Newton-Raphson, Aliran Daya

1. Pendahuluan

Untuk menunjang bertambahnya permintaan energi listrik harus diimbangi dengan peningkatan kualitas energi listrik yang disalurkan. Dengan melakukan suatu analisa terhadap sistem tenaga merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas energi listrik, dikarenakan analisa sistem tenaga

mencakup beberapa permasalahan utama dalam system tenaga yaitu aliran beban, hubung singkat, stabilitas dan pengaman. Keempat masalah tersebut adalah faktor penting untuk meningkatkan kualitas energi listrik yang disalurkan.

Untuk menyelesaikan studi aliran daya dengan metode iterasi (numerik) telah banyak

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

dikembangkan dengan menggunakan komputer. Berbagai metode penyelesaian studi aliran daya telah semakin banyak dikembangkan sejalan dengan makin berkembangnya konfigurasi jaringan sistem tenaga, baik dalam perencanaan, pengembangan, maupun pengoperasian. Sampai saat ini beberapa metode yang sering dipelajari adalah Metode Gauss Seidel, Metode Newton Raphson, Metode Decoupled, dan Metode Fast Decoupled. Masing-masing metode untuk analisa aliran daya mempunyai kekurangan dan kelebihan satu sama lain.

Dalam Jurnal ini penulis akan membandingkan keandalan antara metode Gauss-Seidel dan metode Newton Raphson, dalam menyelesaikan masalah aliran daya untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan masing-masing metode.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Representasi Komponen Sistem Tenaga

Dalam penganalisaan sistem tenaga listrik dibuat representasi permodelan terhadap komponen-komponen sistem tenaga tersebut seperti generator, transformator, gardu induk, saluran transmisi, kapasitor shunt, induktor dan beban. Dengan menganggap bahwa sistem tiga fasa dalam keadaan seimbang, penyelesaian rangkaian dapat dikerjakan dengan menggunakan rangkaian satu fasa. Diagram satu garis ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran yang ringkas dari suatu sistem tenaga listrik.

2.2 Jenis Bus dan Besaran-Besaran

Untuk mendapatkan penyelesaian aliran daya pada

setiap simpul perlu diketahui 2 buah parameter, tergantung pada parameter-parameter yang diketahui, maka setiap simpul di sistem diklasifikasikan dalam 3 kategori, yaitu :

- Simpul beban (simpul atau bus PQ):
Parameter yang diketahui adalah P dan Q, parameter yang tidak diketahui adalah V dan δ .
- Simpul kontrol (generator bus atau simpul PV):
Parameter yang diketahui adalah P dan V, sedangkan parameter yang tidak diketahui adalah δ dan Q.
- Simpul ayun (*swing* atau *slack bus/reference bus*):
Parameter yang diketahui adalah V dan δ , sedangkan parameter yang tidak diketahui adalah P dan Q.

2.3 Persamaan Pembebanan Bus

Daya nyata dan reaktif pada suatu bus / mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$P_i - j Q_i = V_i * I_i \dots\dots\dots(1)$$

dan arus pada bus / adalah:

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \dots\dots\dots(2)$$

I_i akan bertanda positif bila arus mengalir menuju ke bus i dan akan bertanda negatif bila arus mengalir keluar dari bus i .

2.4 Persamaan Aliran Daya Umum

Dengan diperolehnya tegangan-tegangan pada tiap bus maka dapat dihitung besarnya aliran daya antara bus-bus yang terhubung.

Besarnya arus yang mengalir dari bus i ke bus j adalah:

$$i_{ij} = (V_i - V_j)y_{ij} + V_i \frac{y_{ij}'}{2} \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

- y_{ij} = admitansi kawat $i-j$
- y_{ij}' = admitansi shunt kawat $i-j$
- $V_i \frac{y_{ij}'}{2}$ = kontribusi arus pada bus i oleh arus shunt

Dengan diketahuinya arus yang mengalir dari bus i ke bus j maka dapat dihitung besarnya aliran daya yang mengalir dari bus i ke bus j .

$$P_{ij} - j Q_{ij} = V_i^* i_{ij}$$

$$P_{ij} - j Q_{ij} = V_i^* \left[(V_i - V_j)y_{ij} + V_i \frac{y_{ij}'}{2} \right]$$

$$P_{ij} - j Q_{ij} = V_i^* (V_i - V_j)y_{ij} + V_i^* V_i \frac{y_{ij}'}{2} \dots\dots\dots(4)$$

Sedangkan aliran daya yang mengalir dari bus j ke bus i adalah:

$$P_{ji} - j Q_{ji} = V_j^* (V_i - V_j)y_{ij} + V_j^* V_j \frac{y_{ij}'}{2} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan menjumlahkan secara aljabar antara persamaan (2.4) dan persamaan (2.5) maka didapat rugi-rugi pada saluran kawat transmisi $i-j$.

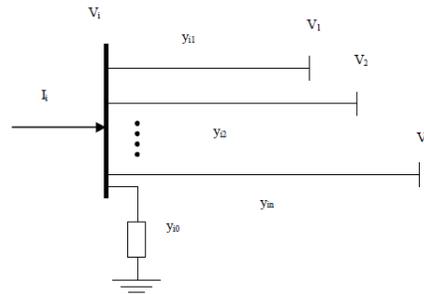
2.5. Metode Dasar Pemecahan Studi Aliran Daya

Untuk menyelesaikan masalah aliran daya telah digunakan berbagai metode, cara yang paling sering digunakan sebagai salah satu materi dasar studi aliran daya adalah dengan membentuk matriks admitansi (Y) bus. Selanjutnya matriks tersebut dikerjakan dengan iterasi Gauss, Gauss-Seidel dan Newton Rhapson. Metode dasar yang akan dibahas dalam jurnal ini adalah metode Gauss-Seidel dan Newton.

a. Metode Gauss-Seidel

Aplikasi hasil bus pada Gambar 1i adalah:

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \dots\dots\dots(6)$$



Gambar 1. Tipe bus pada sistem tenaga

Daya nyata dan reaktif pada bus i adalah:

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \dots\dots\dots(7)$$

$I_i^* = \frac{P_i + jQ_i}{V_i}$ persamaan ini dikonjugatekan menjadi,

$$I_i = \frac{P_i + jQ_i}{V_i^*} \dots\dots\dots(8)$$

Mensubtitusikan persamaan (8) dengan persamaan (7) hasilnya,

$$\frac{P_i + jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \dots\dots\dots(9)$$

Dari hubungan diatas, hasilnya harus dipecahkan oleh **teknik iterasi**. Persamaan (3.4) dipecahkan untuk V_i .

Persamaan aliran daya biasanya ditulis dalam istilah elemen matrik admitansi bus. Sejak itu elemen diagonal-off pada matrik admitansi bus Y_{bus} , ditunjukkan oleh persamaan diatas,

yaitu $Y_{ij} = -y_{ij}$, dan elemen diagonal adalah $Y_{ii} = \sum y_{ij}$, persamaan menjadi,

$$V_i^{(k+1)} = \frac{\frac{P_i^{spesifik} - jQ_i^{spesifik}}{V_i^{(k)}} - \sum_{j \neq i} Y_{ij} V_j^{(k)}}{Y_{ii}} \dots\dots(10)$$

Dan

$$P_i^{(k+1)} = \Re \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} Y_{ii} + \sum_{j \neq i} Y_{ij} V_j^{(k)} \right] \right\} \quad j \neq i \dots\dots\dots(11)$$

$$Q_i^{(k+1)} = -\Im \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} Y_{ii} + \sum_{j \neq i} Y_{ij} V_j^{(k)} \right] \right\} \quad j \neq i \dots\dots\dots(12)$$

Untuk generator bus (bus P-V) dimana $P_i^{spesifik}$ dan $|V_i|$ adalah ditentukan, persamaan (12) ditentukan untuk $Q_i^{(k+1)}$. Untuk mendapatkan $V_i^{(k+1)}$ ditentukan dengan menggunakan persamaan,

$$\left(e_i^{(k+1)} \right)^2 + \left(f_i^{(k+1)} \right)^2 = |V_i|^2 \dots\dots(13)$$

Atau

$$e_i^{(k+1)} = \sqrt{|V_i|^2 - \left(f_i^{(k+1)} \right)^2} \dots\dots(14)$$

dimana $e_i^{(k+1)}$ dan $f_i^{(k+1)}$ adalah komponen real dan imajiner tegangan $V_i^{(k+1)}$ pada iterasi berikutnya. Kecepatan konvergensi dapat ditambahkan oleh aplikasi faktor ketelitian pada iterasi berikutnya yaitu:

$$V_i^{(k+1)} = V_i^{(k)} + \alpha \left(V_i^{(k)} - V_i^{(k)} \right) \dots\dots(15)$$

Dimana

α = faktor kecepatan.

V_{cat} = Tegangan yang dihitung (calculated)

$$\left| e_i^{(k+1)} - e_i^{(k)} \right| \leq \epsilon \dots\dots\dots(16)$$

$$\left| f_i^{(k+1)} - f_i^{(k)} \right| \leq \epsilon \dots\dots\dots(17)$$

Iterasi dilanjutkan sampai magnitude elemen dalam kolom ΔP dan ΔQ adalah lebih kecil dari nilai spesifik. Tipe daya tak sebanding ketelitiannya adalah 0.001 pu. Ketika solusi konvergen, daya aktif dan reaktif pada slack bus dihitung.

b. Metode Newton-Raphson

Dasar dari metode Newton Raphson dalam penyelesaian aliran daya adalah deret Taylor untuk suatu fungsi dengan dua variable lebih. Metode Newton Rhapsion menyelesaikan masalah aliran daya dengan menggunakan suatu set persamaan non linier untuk menghitung besarnya tegangan dan sudut fasa tegangan tiap bus.

Daya injeksi pada bus i adalah :

$$P_i - j Q_i = V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \dots\dots(18)$$

Dalam hal ini dilakukan pemisahan daya nyata dan daya reaktif pada bus i. Pemisahan ini akan menghasilkan suatu set persamaan simultan non linear. Dalam koordinat kutub diketahui:

$$|V_i| \angle \delta_i = |V_i| e^{j\delta_i} \dots\dots\dots(19)$$

$$|V_j| \angle \delta_j = |V_j| e^{j\delta_j} \dots\dots\dots(20)$$

$$|Y_{ij}| \angle \theta_{ij} = |Y_{ij}| e^{j\theta_{ij}} \dots\dots\dots(21)$$

Karena $e = \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) + j \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$, maka pemisahan daya pada bus i menjadi komponen real dan imajiner adalah:

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

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) \dots\dots\dots(22)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) \dots\dots\dots(23)$$

Nilai P_i dan Q_i telah diketahui, tetapi nilai V_i dan δ_i tidak diketahui kecuali pada slack bus. Kedua persamaan non linier tersebut dapat diuraikan menjadi suatu set persamaan simultan linier dengan cara menyatakan hubungan antara perubahan daya nyata ΔP_i dan daya reaktif ΔQ_i terhadap perubahan magnitude tegangan ΔV_i dan sudut fasa tegangan $\Delta \delta_i$.

$$\begin{bmatrix} \Delta P_i \\ \Delta Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} \dots\dots\dots(24)$$

Elemen - elemen matriks Jacobi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan daya nyata dan reaktif pada bus l dari persamaan (3.14) dan (3.15) yang diturunkan sebagai berikut : (i = 1, 2, ... , n-1) Elemen-elemen off-diagonal dari J_1 adalah:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = -|V_i V_j Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}), j \neq i \dots\dots\dots(25)$$

Elemen diagonal dari J_1 adalah :

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = -\sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}), j \neq i \dots\dots\dots(26)$$

Elemen off-diagonal dari J_2 adalah:

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = -|V_i Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}), j \neq i \dots\dots\dots(27)$$

Elemen diagonal dari J_2 adalah:

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2|V_i Y_{ii}| \cos(\theta_{ii}) + \sum_{j=1}^n |V_j Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) \dots\dots\dots(28)$$

Elemen off-diagonal dari J_3 adalah:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = -|V_i V_j Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}), j \neq i \dots\dots\dots(29)$$

Elemen diagonal dari J_3 adalah:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = -\sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}), j \neq i \dots\dots\dots(30)$$

Elemen-elemen off-diagonal dari J_4 adalah:

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = -|V_i Y_{ii}| \sin(\theta_{ii}) + \sum_{j=1}^n |V_j Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}), j \neq i \dots\dots\dots(31)$$

Elemen diagonal dari J_4 adalah :

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = -2|V_i Y_{ii}| \sin(\theta_{ii}) + \sum_{j=1}^n |V_j Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) \dots\dots\dots(32)$$

Elemen-elemen matriks Jacobi dihitung setiap akan melakukan iterasi.

Perhitungan iterasi dimulai dengan memberikan perkiraan magnitudo tegangan dan sudut fasa tegangan mula-mula. Perubahan-perubahan dalam daya nyata dan daya reaktif yang telah dijadwalkan dikurangi dengan daya nyata dan daya reaktif yang dihitung dari persamaan (25) sampai (32)

$$\Delta P_i^k = P_{i(\text{terjadwal})} - P_i^k$$

$$\Delta Q_i^k = Q_{i(\text{terjadwal})} - Q_i^k \dots\dots\dots(33)$$

$$i = 1, 2, \dots, n-1$$

Elemen-elemen matriks Jacobi dihitung dengan menggunakan magnitudo tegangan dan sudut fasa tegangan estimasi mula-mula. Dengan menggunakan metode invers langsung maka persamaan linier (3.16) dapat dipecahkan untuk mendapatkan nilai-nilai magnitudo tegangan dan sudut fasa tegangan estimasi yang baru pada tiap bus (kecuali slack bus), sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \Delta\theta \\ \Delta|V| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J1 & J2 \\ J3 & J4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}$$

Proses iterasi kembali lagi ke proses awal dan hal ini terus diulangi sampai ΔP_i^k dan ΔQ_i^k untuk semua bus (selain slack bus) memenuhi harga toleransi yang diberikan (biasanya diambil ≤ 0.001).

$$\delta_i^{k+1} = \delta_i^k + \Delta\delta_i^k$$

$$|V_i|^{k+1} = |V_i|^k + \Delta|V_i|^k \dots\dots(34)$$

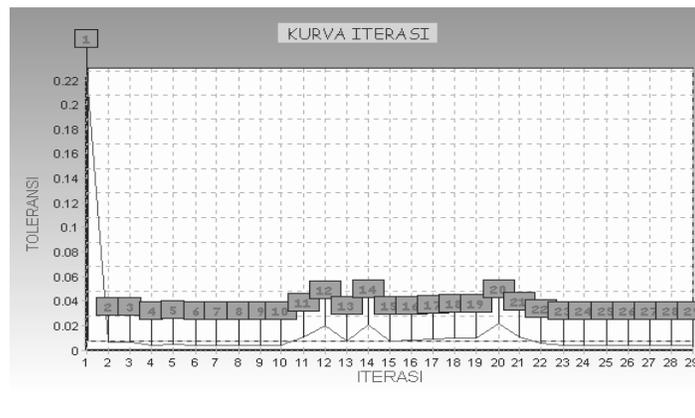
Jadi iterasi selesai bila,

$$\Delta\delta_i^k \leq 0.001$$

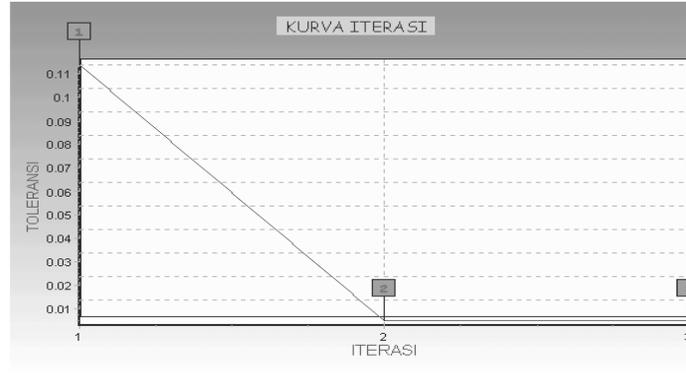
$$\Delta|V_i|^k \leq 0.001$$

3. Metodologi

Untuk menguji kedua metode, penulis menggunakan data standar IEEE 5 Bus 7 Saluran, 14 Bus 20 Saluran dan 30 Bus 41 Saluran. Selanjutnya, kondisi konvergensi dan hasil perhitungan yang lain dari metode Gauss-Seidel dan metode Newton Raphson kemudian diamati. Proses iterasi ditentukan oleh kriteria konvergensi ϵ , dan dihentikan bila ketelitian dayanya $\leq \epsilon$, ($\epsilon=0.001$). Juga membandingkan Rugi-rugi daya total yang dihasilkan kedua metode.



Gambar 2. Kurva Konvergensi Metode Gauss-Seidel pada IEEE 5 Bus 7 Saluran



Gambar 3. Kurva Konvergensi Metode Newton Raphson pada IEEE 5 Bus 7 Saluran

Tabel 1. Tegangan Hasil Iterasi Jaringan Standar IEEE 5 Bus 7 Saluran Dengan Metode Gauss Seidel

Bus No.	Tegangan Mag. (pu)	Tegangan Sudut (o)
1	1.060	0.000
2	1.000	-2.063
3	0.987	-4.639
4	0.984	-4.960
5	0.972	-5.765

Tabel 2. Tegangan Hasil Iterasi Jaringan Standar IEEE 5 Bus 7 Saluran Dengan Metode Newton Raphson Bus

Bus No.	Tegangan Mag. (pu)	Tegangan Sudut (o)
1	1.060	0.000
2	1.000	-2.061
3	0.987	-4.637
4	0.984	-4.957
5	0.972	-5.765

4. Hasil Pengujian

4.1 Sistem IEEE 5 BUS 7 SALURAN

Hasil pengujian sistem IEEE 5 BUS 7 SALURAN disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

4.2. Hasil Perhitungan Magnitude Tegangan dan Sudut Phasa Tegangan

Hasil perhitungan Magnitude Tegangan dan Sudut Phasa Tegangan disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

4.3 Jumlah Iterasi dan Maximum Error

Jumlah iterasi dan maksimum error Metode Gauss_Siedel dan Metode Newton-Raphson disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

4.4 Total Daya keluaran

Total Daya keluaran Metode Gauss-Seidel disajikan pada Tabel 5.

4.5 Total Rugi-rugi Daya

Total Rugi-rugi Daya untuk kedua metode disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

4.6 Analisa

Pada hasil perhitungan magnitude tegangan dan sudut

phasa pada tabel diatas hasilnya pada metode Gauss-Seidel dan metode Newton Raphson hampir mendekati sama ini membuktikan bahwa kedua metode ketelitiannya hampir sama. Selain itu semua tegangan bus dan sudut phasa tegangan masih dalam batas variasi yang ditentukan yakni dibawah toleransi $\pm 5\%$.

Tabel 3. Jumlah Iterasi dan Maximum Error Metode Gauss-Seidel

Model Jaringan	Iterasi	Max. Error
5 Bus 7 Saluran	29	0.000513654
14 Bus 20 Saluran	195	0.00092276
30 Bus 41 Saluran	34	0.000951884

Tabel 4. Jumlah Iterasi dan Maximum Error Metode Newton Raphson

Model Jaringan	Iterasi	Max. Error
5 Bus 7 Saluran	3	0.0000781261
14 Bus 20 Saluran	9	0.000515237
30 Bus 41 Saluran	4	0.000000754898

Tabel 5. Total Daya Keluaran Metode Gauss-Seidel

Model Jaringan	Total Daya (MW)	Total Daya (MVAR)
5 Bus 7 Saluran	171.141	29.139
14 Bus 20 Saluran	272.559	108.168
30 Bus 41 Saluran	300.950	125.089

Tabel 6. Total Rugi-rugi Daya Metode Gauss-Seidel

Model Jaringan	Rugi Daya (MW)	Rugi Daya (MVAR)
5 Bus 7 Saluran	6.125	-10.768
14 Bus 20 Saluran	13.604	26.975
30 Bus 41 Saluran	17.594	22.233

Tabel 7. Total Rugi-rugi Daya Metode Newton Raphson

Model Jaringan	Rugi Daya (MW)	Rugi Daya (MVAR)
5 Bus 7 Saluran	6.122	-10.777
14 Bus 20 Saluran	13.737	26.707
30 Bus 41 Saluran	17.599	22.244

Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa jumlah iterasi dari model jaringan 5 Bus 7 Saluran, 14 Bus 20 Saluran dan 30 Bus 41 Saluran metode Gauss-Seidel lebih banyak dibanding metode Newton Raphson, ini membuktikan bahwa metode Newton Raphson mempunyai kurva iterasi yang lebih baik daripada metode Gauss-Seidel. Pada metode Gauss Seidel jumlah iterasi pada model jaringan 14 Bus 20 saluran dan 30 Bus 41 saluran menghasilkan iterasi 195 dan 34 untuk 5 Bus 7 saluran menghasilkan 29, sehingga dapat dianalisa bahwa untuk metode Gauss- Seidel ini lebih cocok untuk jaringan yang sedikit busnya, sedangkan untuk metode Newton Raphson lebih stabil untuk mencapai konvergen sehingga cocok untuk bus yang sedikit maupun banyak.

Untuk metode Newton Raphson dengan metode Gauss-Seidel jumlah iterasi metode Gauss-Seidel lebih banyak dikarenakan pada pemecahan persamaan aljabar non linier pada metode Newton Raphson menggunakan kuadratis konvergen untuk proses iterasi ini memberikan keuntungan untuk masalah konvergensi. Metode Newton Raphson lebih cepat konvergen dibanding metode Gauss-Seidel masalahnya metode Gauss-Seidel tidak menggunakan metode kuadratis konvergen.

Untuk toleransi simpangan daya maksimum (*maximum error*) pada model jaringan 5 Bus 7 saluran metode Gauss-Seidel menghasilkan maximum error lebih besar dibanding metode Newton Raphson yaitu 0.000513654 dan untuk metode Newton Raphson menghasilkan 0.0000781261. Ini mebuktiakan bahwa ketelitian dari metode Newton Raphson lebih baik dari pada metode Gauss-Seidel. Untuk hasil dari model

jaringan 14 Bus 20 Saluran dan 30 Bus 41 Saluran hampir sama dengan model 5 Bus 7 Saluran metode Newton Raphson lebih unggul dibandingkan metode Gauss-Seidel.

Pada total daya ini hasil perhitungan yang diperoleh relatif hampir sama untuk daya aktif dan daya reaktif, perbedaan mulai terjadi pada angka desimal ketiga. Perbedaan tersebut masih cukup kecil atau dibawah toleransi $\pm 5\%$, sehingga dapat dinyatakan kedua metode menunjukkan ketelitian yang sama.

Untuk masalah rugi-rugi daya saluran pada kedua metode hasilnya pada model jaringan 5 Bus 7 Saluran, 14 Bus 20 Saluran dan 30 Bus 41 Saluran, rugi-ruginya hampir mendekati sama. Melihat hasil perhitungan rugi-rugi daya tersebut untuk kedua metode hasilnya mendekati sama berarti ketelitian untuk perhitungan rugi-rugi daya hampir sama ketelitiannya.

5. Peneutup

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian simulasi dan analisa terhadap data-data yang ada dapat penulis ambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Jumlah iterasi untuk mencapai konvergen, metode Gauss-Seidel (29 Iterasi untuk jaringan 5 Bus 7 Saluran) lebih banyak dibandingkan metode Newton Raphson (3 Iterasi untuk jaringan 5 Bus 7 Saluran). Ini membuktikan bahwa metode Newton Raphson mempunyai kurva iterasi yang lebih baik daripada metode Gauss Seidel.
- b. Untuk masalah rugi-rugi daya saluran pada kedua metode hasilnya hampir mendekati sama berarti ketelitian untuk

- perhitungan rugi-rugi daya hampir sama ketelitiannya.
- c. Operasi matematik metode Newton Raphson lebih sulit bila dibandingkan dengan metode Gauss-Seidel dikarenakan metode Newton Raphson ada pembentukan matrik Jacobian, begitu pula dengan penyusunan program komputernya, secara relative metode Newton Raphson memerlukan waktu lebih lama.
 - d. Metode Newton Raphson lebih sesuai untuk menghitung aliran beban pada sistem dengan jumlah yang besar, dan kurang sesuai untuk sistem kecil, sedang metode Gauss-Seidel bersifat sebaliknya.

5.2 Saran

- a. Penulis menyarankan adanya pengembangan selanjutnya dari Jurnal ini untuk dibandingkan metodenya dengan metode-metode lainnya sebagai perbandingan. Dan juga dapat dicoba diterapkan pada model sistem jaringan bus yang besar contohnya seperti model jaringan standar IEEE 57 bus 80 saluran.
- b. Simulasi dalam Jurnal ini masih menggunakan asumsi umum studi aliran daya, yakni kondisi system dianggap stabil (*Balance System*) untuk itu penulis menyarankan untuk mencoba menggunakan pula pada kondisi tak stabil (*Unbalanced System*).

6. Daftar Pustaka

- A Arismunandar, DR, S. Kuwahara, DR, "Teknik Tenaga Listrik Jilid II", PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1993.
- Budiono Mismail, "Analisa Sistem Tenaga", Lembaga

Penerbitan Universitas Brawijaya, Malang, 1983.

- Duane Hanselman, Bruce Littlefield, "The Student Edition of MATLAB Version 4", The Math Works, Inc, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1995.
- Duane Hanselman, Bruce Littlefield, Terjemahan : Jozep Edyanto, "MATLAB Bahasa Komputasi Teknis", Penerbit Andi, Yogyakarta, 2000.
- Hadi Saadat, "Power System Analysis", McGraw-Hill Series In Electrical and Computer Engineering, 1999.
- John Matcho & David R. Faulkner, Terjemahkan : Henry Ardian, "Panduan Penggunaan Delphi", Penerbit Andi, Yogyakarta, 1997.
- P. S. R. Murty, "Power System Operation and Control", Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1984.
- Pai M.A., "Computer Techniques in Power System Analysis", Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1980.
- Seminar system Tenaga Elektrik I, "Proceedings", Institute Teknologi Bandung, Bandung, 2000.
- Sulasno, Ir, "Analisa Sistem Tenaga Listrik Edisi Kedua", Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- T. S. Hutauruk, "Analisa Sistem Tenaga Listrik Jilid I", Diklat Kuliah, Fakultas Teknik Industri, ITB, Bandung, 1985.

T. S. Hutauruk, "Transmisi Daya Listrik",
Penerbit Erlangga, Jakarta,
1990.

Turan Gonen, "Modern Power System
Analysis", John Wiley and
Sons Inc, 1988.

William D. Stevenson, Jr, Alih Bahasa :
Ir. Kamal Idris, "Analisa Sistem
Tenaga Listrik", Penerbit
Erlangga, Jakarta, 1994.