

## **Metode Newton Raphson Untuk Analisis Aliran Daya Jaringan Distribusi 12,66 kV**

**Miftahul Fikri<sup>1</sup>; Dwi Anggaini<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup>Sekolah Tinggi Teknik PLN

<sup>1</sup>miftahul@sttpln.ac.id

<sup>2</sup>dwi\_anggaini@sttpln.ac.id

### **ABSTRACT**

*Power flow analysis in power system is used to determine power system parameters. The calculation process is associated with optimization system. A well-known method in optimization is iteration method of Newton Raphson. This method is a derivation of Taylor Series Equation. Power flow analysis in power system is beneficial in calculating important parameters such as current, voltage, power, and power loss. Power flow analysis method using Newton Raphson is accurate to calculate power flow analysis in transmission system. It can overcome the convergence failure which is caused by resistance ratio and network reactance. The simulation showed that simple branch exchange method for network configuring was able to reduce power loss equals to 63.4677 kW. From the simulation result using IEEE 33 bus 12.6 kV distribution system shows that power loss was decreased from 202.6845 kW to 139.2168 kW.*

**Keywords:** Newton Raphson, The Flow of Power, Distribution Network

### **ABSTRAK**

*Analisis aliran daya dalam sistem tenaga listrik digunakan untuk menentukan parameter-parameter sistem tenaga listrik. Proses perhitungannya sendiri terkait dengan masalah optimasi sistem. Metode yang telah lama digunakan adalah metode iterasi Newton Raphson. Metode ini merupakan penurunan dari metode Deret Taylor. Analisis aliran daya pada sebuah sistem tenaga listrik berguna untuk menghitung beberapa parameter yang penting antara lain arus, tegangan, daya, dan kerugian daya. Metode analisis aliran daya Newton Raphson telah terbukti akurat untuk perhitungan analisis aliran daya pada sistem transmisi. Metode ini juga mampu mengatasi gagal konvergen yang disebabkan oleh rasio resistansi dan reaktansi jaringan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan metode simple branch exchange untuk merekonfigurasi jaringan dapat mengurangi rugi-rugi daya sebesar 63,4677 kW. Dari hasil simulasi dengan menggunakan sistem distribusi IEEE 33 bus 12,6 kV, menunjukkan bahwa terjadi penurunan rugi-rugi daya dari 202,6845 kW menjadi 139,2168 kW.*

**Kata kunci:** Newton Raphson, Aliran Daya, Jaringan Distribusi

## 1. PENDAHULUAN

Bertambahnya permintaan energi listrik harus diimbangi dengan peningkatan kualitas energi listrik yang disalurkan oleh perusahaan listrik. Analisis terhadap sistem tenaga merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas energi listrik. Analisis sistem tenaga listrik meliputi analisis terhadap parameter aliran beban, hubung singkat, stabilitas dan pengaman. Keempat masalah tersebut adalah faktor utama untuk meningkatkan kualitas energi listrik yang disalurkan oleh perusahaan listrik (G. W. Chang, 2007).

Untuk mengetahui kondisi sistem kelistrikan dilakukan analisis terhadap komponen sistem tenaga listrik yang meliputi pembangkit, saluran transmisi dan beban terpasang. Dalam perhitungan aliran daya dalam analisis sistem tenaga listrik dapat menggunakan beberapa metode untuk mengetahui besarnya nilai parameter-parameter setiap *bus system* yang meliputi tegangan, daya, arus dan sudut fasa. Dalam penyelesaian studi aliran daya telah dikembangkan berbagai metode, salah satu metode yang sering digunakan adalah *Newton Raphson* (T.-H. Chen, 2009). Metode ini merupakan penurunan *Deret Taylor* untuk mendapatkan turunan persamaan matematika sebagai dasar perhitungan iterasi.

## 2. METODE/PERENCANAAN PENELITIAN

### 2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Metode *Newton Raphson* digunakan untuk mendapatkan rekonfigurasi jaringan yang paling optimal (T.-H. Chen, 2009). Pada sistem distribusi seringkali terjadi beban yang tidak seimbang pada setiap fasanya (sistem distribusi merupakan sistem tiga fasa) atau terjadi kelebihan beban karena pemakaian alat-alat elektronik dari konsumen energi listrik. Keadaan tersebut jika dibiarkan terus-menerus maka akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan kualitas energi listrik yang disalurkan serta menyebabkan kerusakan alat-alat yang bersangkutan. Untuk itu diperlukan suatu tindakan yang mengurangi pembebanan yang tidak seimbang (*unbalanced loading*) pada fasa dan kelebihan beban (*over loading*) pada jaringan distribusi listrik. Selain itu, sistem distribusi radial juga mempunyai rugi – rugi daya yang cukup besar sehingga menyebabkan keandalan sistem menjadi berkurang.

Dalam kondisi operasi normal, rekonfigurasi jaringan dilakukan karena dua alasan (T, 2003):

1. Mengurangi rugi-rugi daya pada sistem (*loss reduction*).
2. Mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (*load balancing*).

### 2.2. Metode Newton Raphson

Dasar dari Metode *Newton Raphson* dalam penyelesaian aliran daya adalah *Deret Taylor* untuk suatu fungsi dengan dua variabel lebih. Metode *Newton Raphson* menyelesaikan masalah aliran daya dengan menggunakan suatu persamaan nonlinier untuk menghitung besarnya tegangan dan sudut fasa tegangan tiap bus.

Daya injeksi pada bus  $i$  adalah (T, 2003) :

$$P_i - jQ_i = V_i * \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \quad (1)$$

Dengan:

$P_i$  = Daya aktif ke-i

$Q_i$  = Daya reaktif ke-i

$V_i$  = Tegangan ke-i

$Y_{ij}$  = Admittansi

Dalam hal ini dilakukan pemisahan daya nyata dan daya reaktif pada bus i. Pemisahan ini akan menghasilkan suatu set persamaan simultan nonlinier (T, 2003).

Dalam koordinat kutub diketahui :

$$|V_i| \angle \delta_i = |V_i| e^{j\delta_i} \quad (2)$$

$$|V_j| \angle \delta_j = |V_j| e^{j\delta_j} \quad (3)$$

$$|Y_{ij}| \angle \theta_{ij} = |Y_{ij}| e^{j\theta_{ij}} \quad (4)$$

Karena  $e^{j(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})} = \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$  maka pemisahan daya pada bus i menjadi komponen real dan imajiner adalah (T, 2003) :

$$P_i - jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \angle \theta_{ij} + \delta_j = |V_i| e^{-j\delta_i} \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \angle (e^{j(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})}) \quad (5)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) \quad (6)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) \quad (7)$$

Nilai daya aktif ( $P_i$ ) dan daya reaktif ( $Q_i$ ) telah diketahui, tetapi nilai tegangan ( $V_i$ ) dan sudut ( $\delta_i$ ) tidak diketahui kecuali pada slack bus (Hagh, 2014). Kedua persamaan nonlinier tersebut dapat diuraikan menjadi suatu set persamaan simultan linier dengan cara menyatakan hubungan antara perubahan daya nyata  $\Delta P_i$  daya reaktif  $\Delta Q_i$  terhadap perubahan magnitude tegangan  $\Delta V_i$  dan sudut fasa tegangan  $\Delta \delta_i$  (5).

### 2.3. Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan jaring radial 33-bus, dengan tegangan 12,66 kV. Dalam sistem ini terdapat 37 saklar yang terdiri dari 5 *tie-lines* (*normally open*) dan 32 saklar pemisah (*normally close*). 5 *tie-lines* terdapat pada saluran 33 sampai dengan saluran 37 dan 32 saklar pemisah terdapat pada saluran 1 sampai dengan saluran 32. Data-data saluran dan beban diambil dari dengan total daya aktif dari beban adalah 3715 kW serta total daya reaktif dari beban sebesar 2300 kVAR (Saadat, 2004). Kerugian daya yang didapatkan dari sistem distribusi sebelum rekonfigurasi sebesar 201,6845 kW dan magnitudo tegangan yang paling rendah terdapat di bus 18 dengan nilai 0,9131 p.u (T, 2003). Data-data jaring dan beban pada setiap bus terdapat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Data Saluran pada Sistem Distribusi 33-Bus

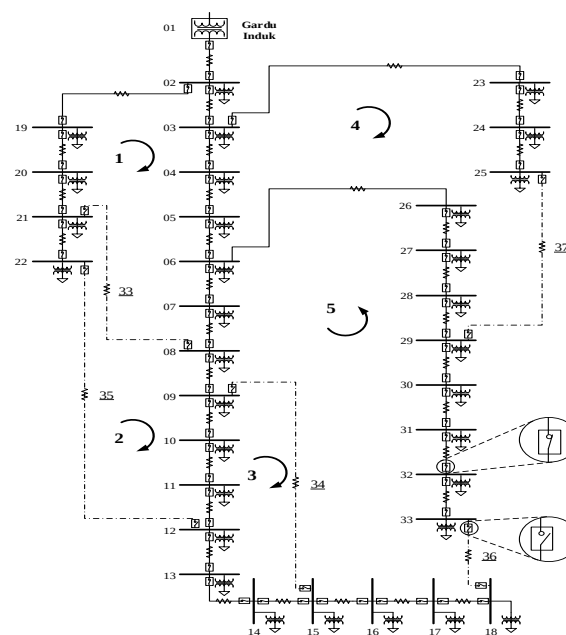
| Nomor Saluran | Saluran |    | Impedansi |         |
|---------------|---------|----|-----------|---------|
|               | Dari    | Ke | R (Ohm)   | X (Ohm) |
| 1             | 1       | 2  | 0,0922    | 0,0470  |
| 2             | 2       | 3  | 0,4930    | 0,2511  |
| 3             | 3       | 4  | 0,3660    | 0,1864  |
| 4             | 4       | 5  | 0,3811    | 0,1941  |
| 5             | 5       | 6  | 0,8190    | 0,7070  |
| 6             | 6       | 7  | 0,1872    | 0,6188  |
| 7             | 7       | 8  | 0,7144    | 0,2351  |
| 8             | 8       | 9  | 1,0300    | 0,7400  |
| 9             | 9       | 10 | 1,0440    | 0,7400  |
| 10            | 10      | 11 | 0,1966    | 0,0650  |
| 11            | 11      | 12 | 0,3744    | 0,1238  |
| 12            | 12      | 13 | 1,4680    | 1,1550  |
| 13            | 13      | 14 | 0,5416    | 0,7129  |
| 14            | 14      | 15 | 0,5910    | 0,5260  |
| 15            | 15      | 16 | 0,7463    | 0,5450  |
| 16            | 16      | 17 | 1,2890    | 1,7210  |
| 17            | 17      | 18 | 0,7320    | 0,5740  |
| 18            | 2       | 19 | 0,1640    | 0,1565  |
| 19            | 19      | 20 | 1,5042    | 1,3554  |
| 20            | 20      | 21 | 0,4095    | 0,4784  |
| 21            | 21      | 22 | 0,7089    | 0,9373  |
| 22            | 3       | 23 | 0,4512    | 0,3083  |
| 23            | 23      | 24 | 0,8980    | 0,7091  |
| 24            | 24      | 25 | 0,8960    | 0,7011  |
| 25            | 6       | 26 | 0,2030    | 0,1034  |
| 26            | 26      | 27 | 0,2842    | 0,1447  |
| 27            | 27      | 28 | 1,0590    | 0,9337  |
| 28            | 28      | 29 | 0,8042    | 0,7006  |
| 29            | 29      | 30 | 0,5075    | 0,2585  |
| 30            | 30      | 31 | 0,9744    | 0,9630  |
| 31            | 31      | 32 | 0,3105    | 0,3619  |
| 32            | 32      | 33 | 0,3410    | 0,5302  |
| 33            | 8       | 21 | 2,0000    | 2,0000  |
| 34            | 9       | 15 | 2,0000    | 2,0000  |
| 35            | 12      | 22 | 2,0000    | 2,0000  |
| 36            | 18      | 33 | 0,5000    | 0,5000  |
| 37            | 25      | 29 | 0,5000    | 0,5000  |

**Tabel 2.** Data Beban pada Sistem Distribusi 33-Bus

| No. bus | Beban  |          |
|---------|--------|----------|
|         | P (kW) | Q (kVAR) |
| 2       | 100    | 60       |
| 3       | 90     | 40       |
| 4       | 120    | 80       |
| 5       | 60     | 30       |
| 6       | 60     | 20       |
| 7       | 200    | 100      |
| 8       | 200    | 100      |
| 9       | 60     | 20       |
| 10      | 60     | 20       |
| 11      | 45     | 30       |
| 12      | 60     | 35       |
| 13      | 60     | 35       |
| 14      | 120    | 80       |
| 15      | 60     | 10       |
| 16      | 60     | 20       |
| 17      | 60     | 20       |
| 18      | 90     | 40       |
| 19      | 90     | 40       |
| 20      | 90     | 40       |
| 21      | 90     | 40       |
| 22      | 90     | 40       |
| 23      | 90     | 50       |
| 24      | 420    | 200      |
| 25      | 420    | 200      |
| 26      | 60     | 25       |
| 27      | 60     | 25       |
| 28      | 60     | 20       |
| 29      | 120    | 70       |
| 30      | 200    | 600      |
| 31      | 150    | 70       |
| 32      | 210    | 100      |
| 33      | 60     | 40       |
| Jumlah  | 3715   | 2300     |

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dijelaskan hasil-hasil simulasi yang menggunakan aliran daya menggunakan Metode *Newton Raphson*. Algoritma dibuat dengan *software* MATHLAB versi 2013 setelah itu hasil-hasil simulasi diverifikasi dengan ETAP 11. Sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem IEEE 33-bus dengan 37 saluran yang terdiri dari 32 saklar pemisah (*normally close*) dan 5 saluran *tie-lines* (*normally open*). Tegangan yang digunakan pada sistem ini adalah 12,66 Kv (T, 2003) (Marsudi, 2006).



**Gambar 1.** Single Line Diagram Jaringan Distribusi 33-bus Sebelum Rekonfigurasi

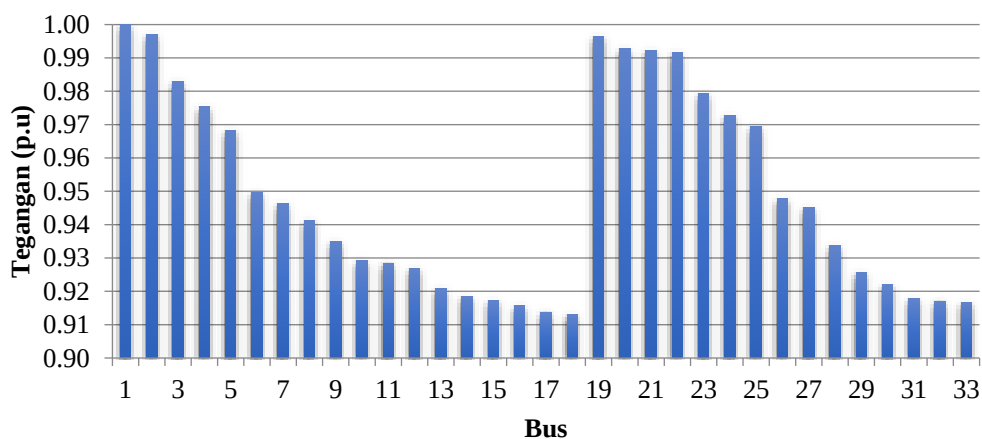
### 3.1. Hasil Simulasi Sistem Radial 33-Bus Sebelum Rekonfigurasi

Tahap ini dilakukan analisis aliran daya menggunakan Metode *Newton Raphson* dengan sistem radial. Hasil perhitungan algoritma aliran daya sistem 33-bus menggunakan Metode *Newton Raphson* menggunakan program matlab dan di validasi menggunakan software ETAP dapat dilihat pada Tabel 3. Profil tegangan setiap bus sistem 33-bus pada kondisi sebelum rekonfigurasi ditunjukkan pada Gambar 2

**Tabel 3.** Hasil simulasi aliran daya Sistem 33-Bus Sebelum

| No. bus | Matlab         |                 | ETAP           |                 |
|---------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|         | Tegangan (p.u) | Angle (derajat) | Tegangan (p.u) | Angle (derajat) |
| 1       | 1              | 0               | 1              | 0               |
| 2       | 0,997          | 0,0145          | 0,997          | 0,01            |
| 3       | 0,9829         | 0,096           | 0,9829         | 0,1             |
| 4       | 0,9755         | 0,1617          | 0,9755         | 0,16            |
| 5       | 0,9681         | 0,2283          | 0,9681         | 0,23            |
| 6       | 0,9497         | 0,1338          | 0,9497         | 0,13            |
| 7       | 0,9462         | -0,0965         | 0,9462         | -0,1            |
| 8       | 0,9413         | -0,0599         | 0,9413         | -0,06           |
| 9       | 0,935          | -0,133          | 0,935          | -0,13           |
| 10      | 0,9292         | -0,196          | 0,9292         | -0,2            |
| 11      | 0,9284         | -0,1887         | 0,9284         | -0,19           |
| 12      | 0,9269         | -0,1773         | 0,9269         | -0,18           |

| No. bus | Matlab         |                 | ETAP           |                 |
|---------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|         | Tegangan (p.u) | Angle (derajat) | Tegangan (p.u) | Angle (derajat) |
| 13      | 0,9208         | -0,2686         | 0,9208         | -0,27           |
| 14      | 0,9185         | -0,3472         | 0,9185         | -0,35           |
| 15      | 0,9171         | -0,3849         | 0,9171         | -0,38           |
| 16      | 0,9157         | -0,4082         | 0,9157         | -0,41           |
| 17      | 0,9137         | -0,4855         | 0,9137         | -0,48           |
| 18      | 0,9131         | -0,495          | 0,9131         | -0,49           |
| 19      | 0,9965         | 0,0037          | 0,9965         | 0               |
| 20      | 0,9929         | -0,0633         | 0,9929         | -0,06           |
| 21      | 0,9922         | -0,0827         | 0,9922         | -0,08           |
| 22      | 0,9916         | -0,103          | 0,9916         | -0,1            |
| 23      | 0,9794         | 0,0651          | 0,9794         | 0,07            |
| 24      | 0,9727         | -0,0237         | 0,9727         | -0,02           |
| 25      | 0,9694         | -0,0674         | 0,9694         | -0,07           |
| 26      | 0,9477         | 0,1733          | 0,9477         | 0,17            |
| 27      | 0,9452         | 0,2295          | 0,9452         | 0,23            |
| 28      | 0,9337         | 0,3124          | 0,9337         | 0,31            |
| 29      | 0,9255         | 0,3903          | 0,9255         | 0,39            |
| 30      | 0,9219         | 0,4956          | 0,9219         | 0,5             |
| 31      | 0,9178         | 0,4112          | 0,9178         | 0,41            |
| 32      | 0,9169         | 0,3881          | 0,9169         | 0,39            |
| 33      | 0,9166         | 0,3804          | 0,9166         | 0,38            |



**Gambar 2.** Profil Tegangan Sistem IEEE 33-bus

Dari hasil analisis aliran daya sistem 33-bus menggunakan Metode *Newton Raphson* didapatkan total kerugian daya aktif sebesar 202,6845 kW dan total kerugian daya reaktif sebesar 135,1414 kVAR serta tegangan minimum terjadi di bus-18 sebesar

0,9131 per unit. Dari hasil simulasi dengan ETAP didapatkan total kerugian daya aktif sebesar 203 kW dan total kerugian daya reaktif sebesar 135 kVAR.

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari hasil simulasi pada sistem distribusi radial IEEE 33-bus, hasil simulasi menunjukkan bahwa Metode *Newton Raphson* dapat digunakan untuk menganalisis aliran daya pada jaringan distribusi 12,6 kV. Hasil simulasi menggunakan MATHLAB dan ETAP terdapat kesamaan 99,84 %. Diharapkan penelitian kedepan dapat membandingkan metode aliran daya *Newton Raphson* dengan metode aliran daya lainnya seperti Gauss Seidel atau Fast Decoupled.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM STT-PLN yang memberi dukungan secara moril dan materil sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] G. W. Chang, S. Y. (2007). An Improved Backward/Forward Sweep Load Flow Algorithm for Radial Distribution Systems. *IEEE Transactions On Power Systems*. *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 22, Iss. 2, 882-884.
- [2] T.-H. Chen, N.-C. Y. (2009). Three-phase power-flow by direct Zbr method for unbalanced radial distribution systems. *IET Gener.Transm.Distrib*, Vol.3, Iss. 10, pp. 903-910.
- [3] T, J.-H. (2003). A Direct Approach for Distribution System Load Flow Solutions. *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol.18, Iss.3, pp. 882-887.
- [4] Hagh, M. T. (2014). Load Flow Analysis of Radial and Weakly Meshed Distribution Systems Including Distributed Generations. *Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC)*.
- [5] Saadat, H. (2004). *Power System Analysis (Second Edition)*. Singapore: McGraw-Hill Education (Asia).
- [6] Marsudi, D. (2006). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.