

# Perbandingan Hasil Iterasi Aliran Daya (*Load Flow*) Menggunakan Metode *Newton Raphson* dan Metode *Fast-Decoupled* Dengan Software ETAP

Hendy Jadi Ate<sup>1</sup>, Gabriel Sumampouw<sup>2</sup>, Misbahul Munir<sup>3</sup>, Heri Irawan<sup>4</sup>, Muhammad Ali Dermawan<sup>5</sup>  
Moh. Haikal<sup>6</sup>, Restu Mukti Utomo<sup>7</sup>

Jurusan Teknik Elektro Universitas Mulawarman, Kalimantan Timur  
Jl. Kuaro, Gn. Kelua, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda 75119  
<sup>1</sup>hendyjadiate@gmail.com

**Intisari** — studi aliran daya atau *load flow study* adalah analisis numerik aliran tenaga listrik dalam sebuah sistem kelistrikan. Sasarannya adalah untuk mengetahui aliran tenaga, arus, tegangan, daya nyata (*real power*) dan daya reaktif (*reactive power*) dalam suatu sistem dalam kondisi beban apa pun. Dalam analisis daya terdapat berbagai metode. Masing-masing metode untuk analisa aliran daya mempunyai kekurangan dan kelebihan satu sama lain. Metode iterasi dimulai dengan estimasi nilai akhir. Setelah menerapkan beberapa perlakuan pada nilai estimasi, hasil perlakuan selanjutnya menjadi nilai estimasi untuk iterasi berikutnya. Dengan menggunakan ETAP dapat diketahui dengan cepat tindakan apa yang harus diketahui, dari hasil analisa untuk memperbaiki keadaan. Hasil dari penelitian ini adalah terdapat perbedaan jumlah iterasi dalam mencapai nilai optimum yang dimana pada metode Newton Raphson sudah mencapai nilai optimum pada iterasi ke 2 sedangkan pada metode Fast Decoupled mencapai nilai optimum pada iterasi ke 12. Terdapat perbedaan hasil iterasi antara kedua metode tersebut yaitu pada daya reaktif di bus 14 yang dimana metode Newton Raphson 93189,9 kVAR, dan pada metode Fast Decoupled 93189,8 kVAR.

**Kata kunci** — Gauss-seidel, newton-raphson, aliran daya.

**Abstract** — A power flow study or load flow study is a numerical analysis of the flow of electric power in an electrical system. The goal is to find out the flow of power, current, voltage, real power and reactive power in a system under any load conditions. In power analysis there are various methods. Each method for power flow analysis has advantages and disadvantages to each other. The iterative method starts with an estimate of the final value. After applying several treatments to the estimated value, the results of the next treatment become the estimated value for the next iteration. By using ETAP it can be known quickly what actions need to be known, from the results of the analysis to improve the situation. The result of this research is that there is a difference in the number of iterations in achieving the optimum value where the Newton Raphson method has reached the optimum value in the 2nd iteration while the Fast Decoupled method has reached the optimum value in the 12th iteration. There are differences in the iteration results between the two methods, namely in reactive power on bus 14 which is the Newton Raphson method 93189.9 kVAR, and the Fast Decoupled method 93189.8 kVAR.

**Keywords** — Load Flow, Gauss seidel, Newton Raphson.

## I. PENDAHULUAN

Keandalan dan kualitas energi listrik pada suatu sistem tenaga sangatlah penting untuk menunjang kebutuhan energi yang diperlukan untuk berbagai keperluan oleh manusia. Salah satu cara untuk meningkatkan hal tersebut adalah dengan melakukan studi analisis aliran daya. Analisis aliran daya atau juga yang disebut dengan analisis aliran beban merupakan suatu studi yang mempelajari analisis secara numerik pada aliran daya listrik pada suatu sistem interkoneksi. Analisis aliran daya sangat

diperlukan dalam upaya untuk meningkatkan mutu dari energi listrik yang akan disalurkan kepada konsumen. Untuk mendapatkan hasil yang optimum, digunakan metode iterasi untuk menyelesaikan masalah analisis aliran daya. Metode iterasi yang umum digunakan untuk analisis aliran daya adalah Metode Newton Raphson, Metode Gauss Seidel, dan juga Metode Fast Decoupled. Tentu saja ada program yang dapat membantu dalam menganalisis aliran daya, salah satunya adalah ETAP (*Electric Transient Analysis Program*). ETAP bekerja dengan melakukan simulasi dari sistem yang sudah dirancang

dalam bentuk *single line diagram*. ETAP dilengkapi dengan model peralatan dan alat-alat yang diperlukan sesuai standar ANSI atau IEC. Sistem yang telah dirancang juga harus dilengkapi dengan parameter parameter dari komponen yang digunakan.

Dalam penelitian ini, akan dibandingkan hasil iterasi antara metode Newton-Raphson dengan metode Fast Decoupled dengan simulasi *software* ETAP.

## II. STUDI PUSTAKA

Studi aliran daya pada sistem tenaga adalah perhitungan untuk mencari besar tegangan, besar arus, dan besar daya yang terdapat pada *node* jaringan tenaga pada keadaan operasi normal, operasi yang sedang berjalan ataupun operasi yang akan disimulasikan untuk masa yang akan datang.

Tujuan dari studi aliran daya yaitu :

- Mengetahui tegangan pada setiap bus yang terbagi menjadi besar maupun sudut fasa tegangan.
- Mengetahui aliran daya (daya aktif dan daya reaktif) pada setiap saluran yang terdapat pada sistem.
- Mengetahui kondisi pengoperasian peralatan, apakah memenuhi batas yang ditentukan saat menyalurkan daya listrik.
- Mengetahui kondisi mula-mula pada perencanaan sistem tenaga yang baru.
- Memperoleh kondisi mula untuk melakukan studi lainnya seperti hubung singkat, stabilitas, serta pembebanan yang ekonomis [2].

Besaran listrik yang terdapat pada bus adalah  $P, Q, V$  dan  $\delta$ . Pada studi aliran daya, 2 dari 4 besaran tersebut diketahui nilainya dan sisanya akan dicari [5]. *Software* ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*) merupakan salah satu *Software* yang dapat digunakan untuk membantu dalam analisis sistem tenaga yang besar dan kompleks [4].

### A. Metode Newton-Raphson

Metode Newton-Raphson Metode Newton-Raphson dikembangkan dari Deret Taylor dengan mengabaikan derivatif pertama fungsi dengan satu variabel dari persamaan Deret Taylor [3].

Pada analisis aliran daya menggunakan metode Newton - Raphson digunakan besaran listrik dalam satuan Besaran per unit (p.u). besaran ini dapat dinyatakan dalam blok diagram [1].

### B. Metode Fast-Decoupled

Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik terdapat karakteristik yang unik yaitu adanya hubungan yang terdapat diantara daya nyata - sudut fasa tegangan bus dan antara daya reaktif - besar tegangan bus. Yang berarti bahwa jika ada perubahan yang tidak signifikan pada besar tegangan bus, itu tidak akan menyebabkan perubahan yang besar bagi daya nyata, dan untuk perubahan yang tidak signifikan pada sudut fasa tegangan, tidak akan menyebabkan perubahan yang besar pada daya reaktif. Hal ini terlihat dari keterkaitan  $P$  dan  $\delta$  serta antara  $Q$  dan  $V$  melalui pendekatan yang dilakukan. [1].

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Berdasarkan pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan *software* ETAP dengan membandingkan hasil iterasi antara metode Newton Raphson dan Metode Fast-Decoupled. Adapun tahapan yang perlu dilakukan pada penelitian, sebagai berikut :

### A. Membuat Singleline Diagram

Membuat *singleline diagram* sistem 14 bus *IEEE* dengan gambar 1.

### B. Mengatur Parameter Sistem

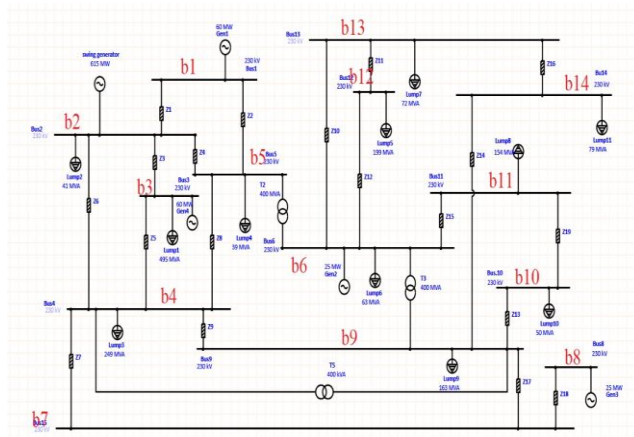
Pada tahapan ini dilakukan dengan cara mengatur dan menginput data parameter yang ada pada sistem sesuai dengan data yang ada pada *datasheet* sistem 14 bus *IEEE*.

### C. Mengatur metode yang digunakan, Max Iterations, dan Precision

Pada tahapan ini dilakukan dengan cara mengatur metode yang akan digunakan pada simulasi ini, yaitu dengan menggunakan metode Newton Raphson dan metode Fast-Decoupled, kemudian ditentukan *Max Iterations*, dan *Precision* yang ada *edit study case* pada aplikasi ETAP.

#### D. Menjalankan Load Flow

Pada tahapan ini dilakukan yaitu dengan menjalankan *load flow* dan didapatkan hasil berupa Tegangan dan daya Pada Bus yang di dapat melalui beberapa iterasi dari dua metode yaitu metode Newton Raphson dan Fast-Decoupled, dan selanjutnya dilakukan pengamatan lalu dicatat hasilnya.



Gbr.1 Singleline Diagram Sistem 14 Bus IEEE

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian yang dilakukan dengan mengadakan pengujian melalui simulasi program berupa Tegangan dan daya Pada Bus yang di dapat melalui beberapa iterasi dari dua metode yaitu metode *Newton Raphson* dan *Fast-Decoupled*.

Tabel 1 Tabel Metode Newton-Raphson

| Iterasi | Bus1    |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
|         | kV      | kW      | kVAR    |
| 2       | 229,998 | 186765  | 59677,2 |
| 3       | 229,998 | 186765  | 59677,2 |
| Iterasi | Bus2    |         |         |
|         | kV      | kW      | kVAR    |
| 2       | 230     | 1363540 | 256608  |
| 3       | 230     | 1363540 | 256608  |
| Iterasi | Bus3    |         |         |
|         | kV      | kW      | kVAR    |
| 2       | 229,778 | 420588  | 260657  |
| 3       | 229,778 | 420588  | 260657  |
| Iterasi | Bus4    |         |         |
|         | kV      | kW      | kVAR    |
| 2       | 229,847 | 904199  | 313094  |
| 3       | 229,847 | 904199  | 313094  |
| Iterasi | Bus5    |         |         |
|         | kV      | kW      | kVAR    |

| Iterasi | Bus6    |        |         |
|---------|---------|--------|---------|
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 2       | 229,888 | 493629 | 160298  |
| 3       | 229,888 | 493629 | 160298  |
| Iterasi | Bus7    |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 2       | 229,308 | 137474 | 77747   |
| 3       | 229,308 | 137474 | 77747   |
| Iterasi | Bus8    |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 2       | 229,777 | 419200 | 121478  |
| 3       | 229,777 | 419200 | 121478  |
| Iterasi | Bus9    |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 2       | 229,788 | 0      | 0       |
| 3       | 229,788 | 0      | 0       |
| Iterasi | Bus10   |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 2       | 229,709 | 647857 | 229460  |
| 3       | 229,709 | 647857 | 229460  |
| Iterasi | Bus11   |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 2       | 229,603 | 289515 | 110991  |
| 3       | 229,603 | 289515 | 110991  |
| Iterasi | Bus12   |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 2       | 229,4   | 246903 | 109279  |
| 3       | 229,4   | 246903 | 109279  |
| Iterasi | Bus13   |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 2       | 229,207 | 168917 | 104685  |
| 3       | 229,207 | 168917 | 104685  |
| Iterasi | Bus14   |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 2       | 229,315 | 147029 | 65637,7 |
| 3       | 229,315 | 147029 | 65637,7 |

Tabel 2 Tabel Metode Fast-Decoupled

| Iterasi | Bus1    |        |         |
|---------|---------|--------|---------|
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 1       | 229,998 | 187081 | 59740,5 |
| 2       | 229,998 | 186776 | 59680,2 |
| 3       | 229,998 | 186777 | 59680,2 |
| 5       | 229,998 | 186765 | 59677,2 |
| 7       | 229,998 | 186765 | 59677,2 |
| 10      | 229,998 | 186765 | 59677,2 |

|         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| 11      | 229,998 | 186765  | 59677,2 |
| 12      | 229,998 | 186765  | 59677,2 |
| 15      | 229,998 | 186765  | 59677,2 |
| Iterasi | Bus2    |         |         |
|         | kV      | kW      | kVAR    |
| 1       | 230     | 1367055 | 256530  |
| 2       | 230     | 1363721 | 256604  |
| 3       | 230     | 1363721 | 256604  |
| 5       | 230     | 1363540 | 256608  |
| 7       | 230     | 1363540 | 256608  |
| 10      | 230     | 1363540 | 256608  |
| 11      | 230     | 1363540 | 256608  |
| 12      | 230     | 1363540 | 256608  |
| 15      | 230     | 1363540 | 256608  |
| Iterasi | Bus3    |         |         |
|         | kV      | kW      | kVAR    |
| 1       | 229,778 | 420236  | 260655  |
| 2       | 229,778 | 420567  | 260657  |
| 3       | 229,778 | 420566  | 260657  |
| 5       | 229,778 | 420588  | 260657  |
| 7       | 229,778 | 420588  | 260657  |
| 10      | 229,778 | 420588  | 260657  |
| 11      | 229,778 | 420588  | 260657  |
| 12      | 229,778 | 420588  | 260657  |
| 15      | 229,778 | 420588  | 260657  |
| Iterasi | Bus4    |         |         |
|         | kV      | kW      | kVAR    |
| 1       | 229,846 | 906056  | 313066  |
| 2       | 229,847 | 904290  | 313092  |
| 3       | 229,847 | 904290  | 313092  |
| 5       | 229,847 | 904199  | 313094  |
| 7       | 229,847 | 904199  | 313094  |
| 10      | 229,847 | 904199  | 313094  |
| 11      | 229,847 | 904199  | 313094  |
| 12      | 229,847 | 904199  | 313094  |
| 15      | 229,847 | 904199  | 313094  |
| Iterasi | Bus5    |         |         |
|         | kV      | kW      | kVAR    |
| 1       | 229,888 | 495843  | 160337  |
| 2       | 229,888 | 493750  | 160300  |
| 3       | 229,888 | 493751  | 160300  |
| 5       | 229,888 | 493629  | 160298  |
| 7       | 229,888 | 493629  | 160298  |
| 10      | 229,888 | 493629  | 160298  |
| 11      | 229,888 | 493629  | 160298  |
| 12      | 229,888 | 493629  | 160298  |
| 15      | 229,888 | 493629  | 160298  |
| Iterasi | Bus6    |         |         |
|         | kV      | kW      | kVAR    |

|         |         |        |         |
|---------|---------|--------|---------|
| 1       | 229,308 | 137800 | 77752,8 |
| 2       | 229,308 | 137526 | 77731,7 |
| 3       | 229,308 | 137526 | 77731,7 |
| 5       | 229,308 | 137495 | 77741,9 |
| 7       | 229,308 | 137495 | 77741,9 |
| 10      | 229,308 | 137476 | 77746,5 |
| 11      | 229,308 | 137476 | 77746,5 |
| 12      | 229,308 | 137474 | 77747   |
| 15      | 229,308 | 137474 | 77747   |
| Iterasi | Bus7    |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 1       | 229,776 | 419172 | 121459  |
| 2       | 229,777 | 419198 | 121476  |
| 3       | 229,777 | 419198 | 121476  |
| 5       | 229,777 | 419200 | 121477  |
| 7       | 229,777 | 419200 | 121477  |
| 10      | 229,777 | 419200 | 121478  |
| 11      | 229,777 | 419200 | 121478  |
| 12      | 229,777 | 419200 | 121478  |
| 15      | 229,777 | 419200 | 121478  |
| Iterasi | Bus8    |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 1       | 229,788 | 0,145  | 0       |
| 2       | 229,788 | 0,109  | 0       |
| 3       | 229,788 | 0,109  | 0       |
| 5       | 229,788 | 0      | 0       |
| 7       | 229,788 | 0      | 0       |
| 10      | 229,788 | 0      | 0       |
| 11      | 229,788 | 0      | 0       |
| 12      | 229,788 | 0      | 0       |
| 15      | 229,788 | 0      | 0       |
| Iterasi | Bus9    |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 1       | 229,709 | 647797 | 229432  |
| 2       | 229,709 | 647854 | 229458  |
| 3       | 229,709 | 647854 | 229458  |
| 5       | 229,709 | 647857 | 229460  |
| 7       | 229,709 | 647857 | 229460  |
| 10      | 229,709 | 647857 | 229460  |
| 11      | 229,709 | 647857 | 229460  |
| 12      | 229,709 | 647857 | 229460  |
| 15      | 229,709 | 647857 | 229460  |
| Iterasi | Bus10   |        |         |
|         | kV      | kW     | kVAR    |
| 1       | 229,602 | 290394 | 111058  |
| 2       | 229,603 | 289549 | 111002  |
| 3       | 229,603 | 289549 | 111002  |
| 5       | 229,603 | 289523 | 110994  |
| 7       | 229,603 | 289523 | 110994  |

|         |         |        |         |
|---------|---------|--------|---------|
| 10      | 229,603 | 289516 | 110991  |
| 11      | 229,603 | 289516 | 110991  |
| 12      | 229,603 | 289515 | 110991  |
| 15      | 229,603 | 289515 | 110991  |
| Bus11   |         |        |         |
| Iterasi | kV      | kW     | kVAR    |
| 1       | 229,399 | 247470 | 109345  |
| 2       | 229,399 | 246927 | 109290  |
| 3       | 229,399 | 246927 | 109290  |
| 5       | 229,4   | 246911 | 109282  |
| 7       | 229,4   | 246911 | 109282  |
| 10      | 229,4   | 246904 | 109279  |
| 11      | 229,4   | 246904 | 109279  |
| 12      | 229,4   | 246903 | 109279  |
| 15      | 229,4   | 246903 | 109279  |
| Bus12   |         |        |         |
| Iterasi | kV      | kW     | kVAR    |
| 1       | 229,206 | 170615 | 104682  |
| 2       | 229,207 | 168936 | 104685  |
| 3       | 229,207 | 168937 | 104685  |
| 5       | 229,207 | 168915 | 104685  |
| 7       | 229,207 | 168915 | 104685  |
| 10      | 229,207 | 168917 | 104685  |
| 11      | 229,207 | 168917 | 104685  |
| 12      | 229,207 | 168917 | 104685  |
| 15      | 229,207 | 168917 | 104685  |
| Bus13   |         |        |         |
| Iterasi | kV      | kW     | kVAR    |
| 1       | 229,315 | 146725 | 65547,6 |
| 2       | 229,315 | 146979 | 65625   |
| 3       | 229,315 | 146979 | 65625   |
| 5       | 229,315 | 147021 | 65634   |
| 7       | 229,315 | 147021 | 65634   |
| 10      | 229,315 | 147028 | 65637,3 |
| 11      | 229,315 | 147028 | 65637,3 |
| 12      | 229,315 | 147029 | 65637,7 |
| 15      | 229,315 | 147029 | 65637,7 |
| Bus14   |         |        |         |
| Iterasi | kV      | kW     | kVAR    |
| 1       | 229,512 | 214999 | 93097   |
| 2       | 229,513 | 214194 | 93177   |
| 3       | 229,513 | 214194 | 93177   |
| 5       | 229,513 | 214189 | 93186,2 |
| 7       | 229,513 | 214189 | 93186,2 |
| 10      | 229,513 | 214197 | 93189,5 |
| 11      | 229,513 | 214197 | 93189,5 |
| 12      | 229,513 | 214198 | 93189,8 |
| 15      | 229,513 | 214198 | 93189,8 |

Pada metode Newton Raphson hanya bisa didapatkan hasil mulai dari iterasi kedua dengan menggunakan program ETAP. Pada penelitian ini, nilai pada hasil dari simulasi aliran daya dinyatakan sudah mendapatkan nilai optimum dengan cara mencoba meningkatkan jumlah iterasi maksimum dan juga tingkat presisi. Jika sudah tidak ada perbedaan data dari hasil simulasi aliran daya antara iterasi yang satu terhadap iterasi lainnya maka dapat dinyatakan hasil yang didapat sudah optimum.

### B. Pembahasan

Dari data yang dapat terlihat pada tabel 4.1 dan 4.2 yaitu percobaan simulasi aliran daya menggunakan metode Newton Raphson dan metode Fast Decoupled dapat dilihat perbedaan data hasil yang diperoleh dari masing masing metode sebagai berikut :

- 1) Iterasi menggunakan metode Newton Raphson sudah mencapai nilai optimum pada iterasi ke-2 sedangkan pada metode Fast Decoupled mencapai nilai optimum pada iterasi ke-12.
- 2) Terdapat perbedaan hasil iterasi antara kedua metode tersebut yaitu pada daya reaktif di bus 14 yang dimana metode Newton Raphson 93189,9 kVAR, dan pada metode Fast Decoupled 93189,8 kVAR.

Terdapat perbedaan jumlah iterasi ini dikarenakan secara teori metode Newton Raphson lebih cepat mendapatkan nilai optimum daripada metode Fast Decoupled, dan perbedaan hasil meskipun tidak terlalu signifikan karena metode Fast Decoupled kurang presisi dalam perhitungan, dan juga parameter parameter yang digunakan secara matematis dalam perhitungan berbeda.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan pada data yang telah didapat pada simulasi aliran daya pada ETAP terdapat perbedaan jumlah iterasi yang diperlukan dalam mencapai nilai optimum dan juga ada perbedaan hasil meski tidak terlalu signifikan dari metode Newton Raphson dan metode Fast Decoupled.

## REFERENSI

- [1] S. S. Shrawane *et al.*, “Simulation and Load Flow Analysis of Interconnection System,” *IEEE Access*, vol. 8, no. 1, pp. 114–121, 2018.
- [2] “Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software Etap 12.6 ” Vol. 06, No. 3.
- [3] B. T. Aribowo, S. Setiawidayat, and M. Muksin, “Simulasi dan Analisis Load Flow Sistem Interkoneksi Kalimantan Timur Menggunakan Software ETAP12.6,” *J. Ilm. Giga*, vol. 8, no. 1, pp. 114–121, 2018.
- [4] Emmy Hosea and Yusak Tanoto, “Perbandingan Analisa Aliran Daya dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Metode Newton-Raphson,” *J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 63–69, 2004, [Online]. Available: <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/elk/article/view/16190>.
- [5] Sulasno, “Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Semarang,” *EduElektrika J.*, vol. 7, no. 2, pp. 45–48, 2018.