

## **Analisa Aliran Daya pada Penyulang Sei Keruh di PT. PLN (PERSERO) UIWS2JB UP3 Jambi ULP Kuala Tungkal Menggunakan Software ETAP 12.6**

**Zahwa Berliana Arti, Eko Suprpto, H. NJ. Thamrin**

Program Studi Teknik Listrik, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari

Correspondence: zahwaberl@gmail.com, eko.suprpto@unbari.ac.id, nj\_thamrin@yahoo.co.id

**Abstrak.** Dalam sistem tenaga listrik, studi aliran daya dilakukan untuk mengumpulkan informasi tentang aliran daya. Termasuk daya aktif dan daya reaktif, tegangan pada setiap bus, magnitude serta sudut fasa tegangan, daya aktif dan reaktif yang mengalir melalui setiap saluran dan juga kondisi semua peralatan untuk menentukan apakah semua peralatan telah memenuhi syarat untuk menyalurkan daya listrik yang diperlukan. Software ETAP digunakan dalam penelitian ini untuk mempercepat dan mempermudah proses perhitungan aliran daya. Hasil analisis didapati bahwa semakin besar persentase beban trafo maka tegangan semakin kecil. Tegangan terkecil pada titik JE383 – JE507 yang terletak di ujung saluran sebesar 19.719 kV pada asumsi beban 95%. Semakin besar persentase beban trafo maka semakin besar arus. Arus terbesar terletak pada pangkal yaitu dititik PLTMG – JEX109 sebesar 49.2 A pada asumsi beban 95%.

**Kata Kunci:** Aliran daya; Software dan ETAP.

***Abstract.** In electric power systems, power flow studies are conducted to gather data on power flow. Including active and reactive power, voltage on each bus, voltage magnitude and phase angle, active and reactive power flowing through each channel, and the state of every piece of equipment to ascertain whether it satisfies the necessary standards for distributing the necessary electrical power. In this research, ETAP software is used to simplify and speed up the power flow calculation process. According to the analysis's findings, the higher the transformer load percentage, the smaller the voltage. The smallest voltage at point JE383 – JE507 which is located at the end of the line is 19,719 kV with an assumed load of 95%. The greater the transformer load percentage, the greater the current. The largest current is located at the base, namely at the PLTMG – JEX109 point of 49.2 A with an assumed load of 95%.*

**Keywords:** Power flow; Software and ETAP

### **PENDAHULUAN**

Dalam sistem tenaga listrik, aliran daya mengacu pada pergerakan daya aktif dan reaktif dari unit pembangkit, melalui saluran transmisi, yang akhirnya mencapai sisi beban. Menganalisis aliran daya memberikan wawasan penting tentang kerugian daya, level tegangan, distribusi daya reaktif, dan kapasitas sistem untuk mengakomodasi peningkatan permintaan beban.

Studi aliran daya mengevaluasi perilaku dan distribusi daya riil dan reaktif dalam kondisi operasi tertentu, terutama saat sistem stabil. Studi ini menawarkan informasi berharga tentang pembebanan saluran transmisi dan profil tegangan di berbagai titik dalam sistem, yang membantu dalam manajemen sistem daya yang efisien. Tujuan utamanya adalah untuk menentukan kuantitas daya riil, daya reaktif, dan tegangan di berbagai simpul dalam sistem selama operasi normal.

Studi aliran daya membahas transmisi daya secara menyeluruh, mencakup distribusi daya aktif dan reaktif serta level tegangan dalam sistem. Komponen penting dalam proses ini adalah transformator yang dalam sistem distribusi, mengubah tegangan menengah di bagian primer menjadi tegangan rendah di bagian sekunder.

Jenis sistem ini biasanya menggunakan transformator Delta-Wye. Software komputer digunakan dalam penelitian ini untuk membuat proses perhitungan pada aliran daya lebih mudah dan lebih cepat karena melakukannya secara manual akan sangat sulit.

### **Tinjauan Pustaka**

#### **Tinjauan Pustaka Relevan**

Dalam studi aliran daya, pada dasarnya berkaitan dengan penentuan tegangan, arus, daya aktif dan reaktif di berbagai titik dalam jaringan listrik dalam kondisi operasi standar. Analisis ini memberikan wawasan tentang status operasional saat ini dan potensi kinerja sistem di masa mendatang. Dengan melakukan studi ini, tegangan pada setiap bus dalam sistem dapat dipastikan, beserta besarnya dan arah aliran daya melalui setiap saluran transmisi. Selain itu, studi ini mengevaluasi kemampuan peralatan untuk secara efektif menyalurkan daya listrik yang dibutuhkan.

Analisis aliran daya berfungsi sebagai pemeriksaan terperinci tentang kinerja daya nyata dan reaktif dalam kondisi tertentu selama operasi normal sistem. Analisis ini penting untuk perencanaan dan pengembangan sistem kelistrikan di masa mendatang, karena memberikan data penting tentang beban saluran

transmisi, rugi daya, dan level tegangan di berbagai lokasi. Untuk menilai efisiensi dan keandalan sistem tenaga listrik secara keseluruhan, informasi ini sangat penting.

### Representasi Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik memainkan peran penting dalam pembangkitan, transmisi, dan distribusi energi listrik, memastikan pasokan daya yang konsisten di berbagai wilayah. Sistem ini terutama terdiri dari fasilitas pembangkit daya, jaringan transmisi, dan jaringan distribusi. Selain itu, gardu induk merupakan komponen integral dari infrastruktur ini, yang memfasilitasi transisi listrik antara berbagai tahap proses pengiriman daya.

Fasilitas pembangkit daya (electric power station) sering kali terletak pada jarak yang cukup jauh dari titik konsumsi (load center). Jaringan ini terdiri dari berbagai komponen yang saling terhubung, masing-masing memiliki fungsi tertentu. Misalnya, generator mencakup beberapa elemen utama, termasuk generator sinkron, eksitasi, dan regulator tegangan. Perangkat penggunaan akhir, seperti motor, sistem pencahayaan, dan unit pemanas, secara kolektif disebut sebagai sistem beban. Segmen transmisi jaringan mencakup infrastruktur seperti jaringan transmisi, transformator, dan pemutus arus, yang semuanya bekerja sama untuk memastikan pengiriman energi yang efisien. Sebaliknya, saluran transmisi, transformator, peralatan rele pengaman, pemutus rangkaian, kapasitor dan reaktor adalah komponen sistem transmisi beserta komponen-komponen lainnya, antara lain :

1. Bus Referensi (Swing atau Slack Bus)
2. Bus generator (*Voltage Control Bus*)
3. Beban (*Load Bus*)
4. Transformator
5. Saluran Transmisi
6. Kapasitor dan Reaktor *Shunt*
7. Kapasitansi dan Reaksitansi Kapasitif
8. Diagram Satu Garis

### Persamaan Aliran Daya

Sumber tegangan ideal dan arus ideal berfungsi sebagai penyederhanaan mendasar dalam analisis rangkaian listrik. Sumber tegangan ideal, yang dianalogikan dengan baterai yang sempurna, mempertahankan keluaran tegangan yang konstan terlepas dari arus yang ditarik oleh rangkaian. Sebaliknya, sumber arus ideal memberikan aliran arus yang konsisten terlepas dari tegangan yang melintasinya. Hubungan langsung antara tegangan, arus, dan impedansi terjadi dalam rangkaian linier yang memudahkan derivasi persamaan linier untuk tujuan analitis.

Tegangan dan arus merupakan parameter utama yang menarik, dengan daya yang diturunkan dari produknya. Sementara tegangan dan arus menunjukkan

hubungan linier, daya tidak mematuhi linearitas ini. Menganalisis aliran daya melibatkan pemeriksaan bagaimana daya, sebagai variabel, memengaruhi perilaku sistem. Memasukkan daya ke dalam perhitungan menghasilkan persamaan nonlinier, tidak seperti yang hanya melibatkan tegangan dan arus. Beban dalam rangkaian mengonsumsi daya, yang memungkinkan penentuan kebutuhan daya pada tegangan tertentu. Sumber daya beroperasi dalam batasan daya dan tegangan yang ditentukan, dan selama beban tetap berada dalam batasan ini, sumber daya dapat mengakomodasinya. Jadi, terlepas dari sifat linier rangkaian, hubungan antara sumber dan beban menimbulkan nonlinieritas dalam persamaan berbasis daya.

Persamaan segitiga daya menjelaskan hubungan timbal balik antara daya aktif, daya semu, dan daya reaktif.

### Rumus Segitiga Daya

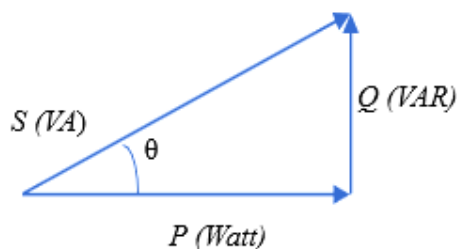
Pada listrik satu fasa:

- $P = V \times I \times \cos \phi$
- $S = V \times I$
- $Q = V \times I \times \sin \phi$

Pada listrik tiga fasa:

- $P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$
- $S = V \times I \times \sqrt{3}$
- $Q = V \times I \times \sin \phi \times \sqrt{3}$

Segitiga daya terdiri dari Daya Aktif (P), Daya reaktif (Q) dan Daya Semu (S), seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Segitiga Daya

Dari hubungan segitiga pada gambar diatas, maka didapat persamaan sebagai berikut :

$$S = V \times I \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.1)}$$

$$P = V \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.2)}$$

$$Q = V \times I \times \sin \phi \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.3)}$$

Keterangan :

S = Daya Nyata (Volt Ampere) (VA)

P = Daya Aktif (Watt) (W)

Q = Daya Reaktif (Volt Ampere) (VA)

V = Tegangan (Volt) (V)

I = Arus (A)

$\cos \phi$  = Rasio Perbandingan Sudut Daya Aktif (W) dan Daya Nyata (VA)

$\sin \phi$  = Rasio Perbandingan Sudut Daya Aktif (W) dan Daya Reaktif (KVAR).

Penerapan pada segitiga daya digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan daya listrik dalam berbagai aplikasi, diantaranya seperti perencanaan sistem distribusi listrik, perawatan peralatan listrik, dan penghematan energi. Dengan demikian, segitiga daya merupakan alat penting dalam mengelola dan mengoptimalkan penggunaan daya listrik dalam berbagai aplikasi industri dan domestik.

**Pengenalan ETAP**

Electric Transient and Analysis Program (ETAP) adalah perangkat lunak canggih yang dirancang untuk analisis dan manajemen sistem tenaga listrik. Perangkat lunak ini memfasilitasi simulasi daya listrik secara offline, manajemen data online, dan kontrol sistem secara real-time. ETAP menawarkan fitur-fitur komprehensif untuk mengevaluasi berbagai aspek sistem tenaga, termasuk pembangkitan, transmisi, dan distribusi, serta menyediakan perangkat yang andal untuk perhitungan aliran daya.

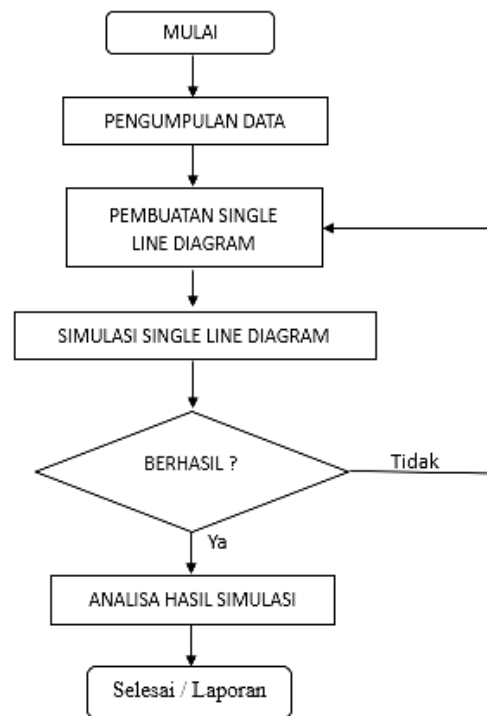
Kini, perangkat lunak ini mendukung simulasi, kontrol, dan pengoptimalan sistem kelistrikan secara real-time. ETAP memungkinkan pengguna untuk merancang proyek seperti diagram satu garis dan jalur sistem pentanahan, serta melakukan analisis termasuk aliran daya, studi hubung singkat, dan evaluasi penyalan motor.

**METODE**

**Diagram Alir (Flowchart) Penelitian**

Metodologi penelitian diilustrasikan dalam diagram alir di bawah ini, yang menguraikan proses

penelitian yang akan dilakukan:

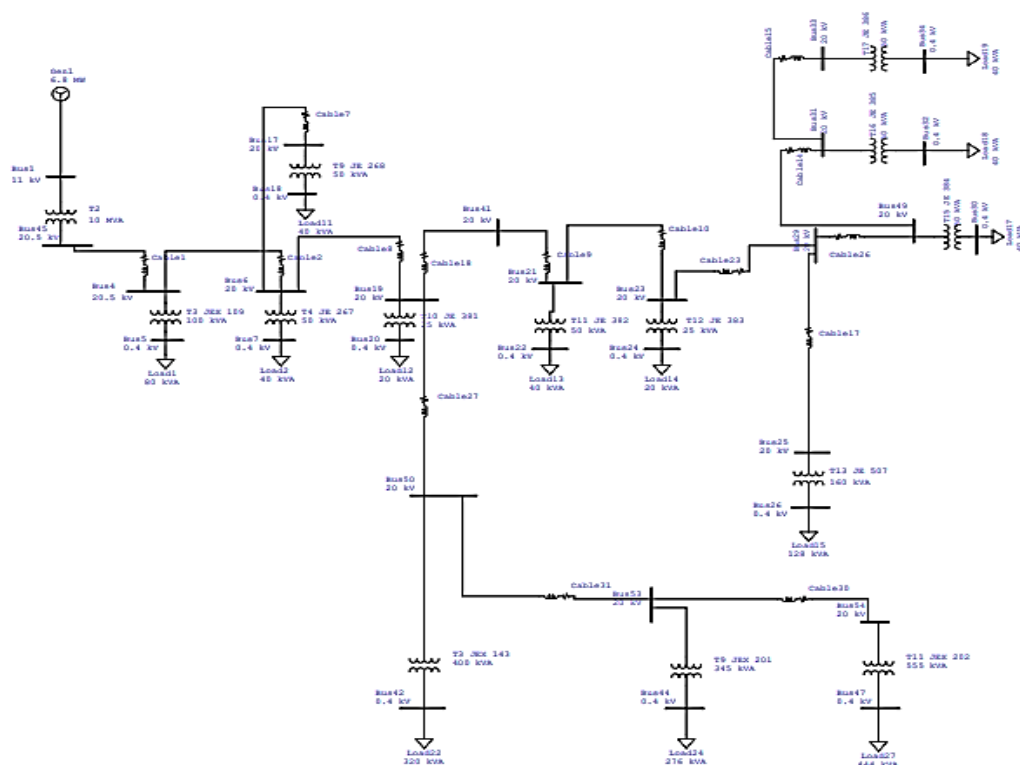


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

**HASIL**

**Hasil Simulasi Pengukuran Tegangan**

Gambar 3. menunjukkan single line diagram penyulang Sei Keruh yang dibuat menggunakan software ETAP.



Gambar 3. Single Line Diagram

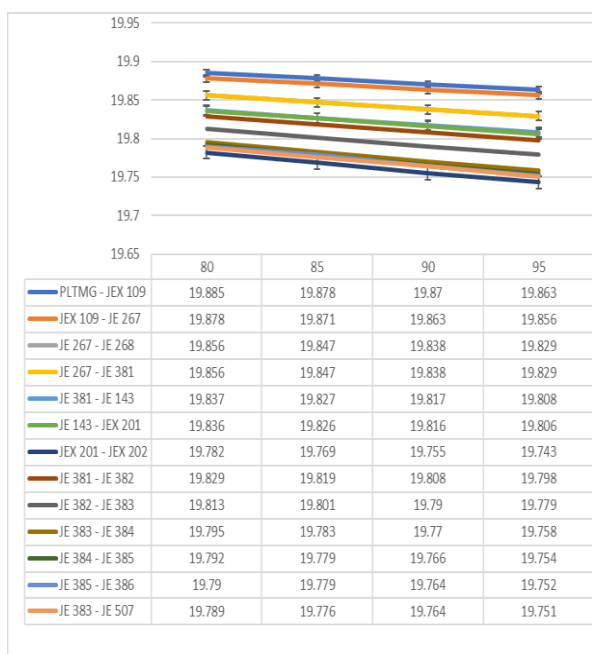
Pada simulasi pengukuran tegangan pada penyulang Sei Keruh diasumsikan semua trafo dibebani dengan beban 80%, 85%, 90%, dan 95% dari kapasitas trafo yang ada. Hasil simulasi yang dihasilkan menggunakan software ETAP ditunjukkan dalam tabel 1.

Berikut ini disajikan hasil simulasi pada software ETAP berupa grafik :

**Grafik Hasil Simulasi Software ETAP**

**Tabel 1. Hasil Simulasi Tegangan**

| No | Lokasi          | Asumsi Semua Beban Trafo (%) |                    |                    |                    |
|----|-----------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|    |                 | 80                           | 85                 | 90                 | 95                 |
|    |                 | Drop Tegangan (kV)           | Drop Tegangan (kV) | Drop Tegangan (kV) | Drop Tegangan (kV) |
| 1  | PLTMG - JEX109  | 19.885                       | 19.878             | 19.87              | 19.863             |
| 2  | JEX109 - JE267  | 19.878                       | 19.871             | 19.863             | 19.856             |
| 3  | JE267 - JE268   | 19.856                       | 19.847             | 19.838             | 19.829             |
| 4  | JE267 - JE381   | 19.856                       | 19.847             | 19.838             | 19.829             |
| 5  | JE381 - JE143   | 19.837                       | 19.827             | 19.817             | 19.808             |
| 6  | JE143 - JEX201  | 19.836                       | 19.826             | 19.816             | 19.806             |
| 7  | JEX201 - JEX202 | 19.782                       | 19.769             | 19.755             | 19.743             |
| 8  | JE381 - JE382   | 19.829                       | 19.819             | 19.808             | 19.798             |
| 9  | JE382 - JE383   | 19.813                       | 19.801             | 19.79              | 19.779             |
| 10 | JE383 - JE384   | 19.795                       | 19.783             | 19.77              | 19.758             |
| 11 | JE384 - JE385   | 19.792                       | 19.779             | 19.766             | 19.754             |
| 12 | JE385 - JE386   | 19.791                       | 19.779             | 19.764             | 19.752             |
| 13 | JE383 - JE507   | 19.789                       | 19.776             | 19.764             | 19.751             |



**Gambar 4. Hasil Simulasi Tegangan Terhadap Perubahan Persentase Beban**

Dari tabel 1. dapat dianalisa bahwa tegangan terkecil pada saluran 20 kV terletak dititik JE383 - JE507 dengan asumsi beban semua trafo 95%, hasil simulasinya adalah 19.751 kV. Sedangkan tegangan terbesar adalah 19.885 kV dengan asumsi beban 80%.

Perbandingan tegangan pada tabel 1. jika dilihat pada nomor 1 sampai nomor 13 tegangan semakin kecil terhadap beban persentase trafo. Semakin besar beban

trafo maka tegangannya semakin kecil. Sebagai contoh, di nomor 13 pada JE383 didapat hasil simulasi untuk beban 80% sama dengan 19.789 kV;

Untuk beban 85% tegangan sama dengan 19.776 kV;

Untuk beban 90% tegangan sama dengan 19.764 kV;

Untuk beban 95% tegangan sama dengan 19.751 kV;

Jika dianalisa lokasi, pangkal maupun ujung single line. Pada tabel 1. ditampilkan bahwa semakin jauh dari PLTMG Purwodadi maka tegangannya semakin kecil. Sebagai contoh, pada beban 80% dititik PLTMG – JEX109 yang merupakan pangkal lokasi tegangannya sebesar 19.885 kV. Sedangkan JE383 – JE507 yang merupakan ujung single line tegangannya sebesar 19.789 kV. Begitu juga halnya dengan beban 90% dan beban 95%.

**Hasil Simulasi Pengukuran Arus**

Pada tabel 2. dapat di analisa bahwa arus terkecil pada saluran 20 kV terletak dititik JE383 – JEX507 dengan asumsi semua beban trafo 80%, hasil simulasinya adalah 3.5 A.

Sedangkan arus terbesar adalah 4.1 A dengan asumsi beban 95%. Perbandingan arus pada tabel 2. jika dilihat dari nomor 1 sampai nomor 13 arus semakin besar terhadap persentase beban trafo. Semakin besar beban trafo, maka arus semakin besar. Sebagai contoh, di nomor 1 pada PLTMG – JEX109 didapat hasil simulasi untuk beban 80% sama dengan 41.9 A, 85% 44.4 A, 90% 46.9 A, dan 95% 49.3 A.

Jika di analisa, lokasi, pangkal maupun ujung single line pada tabel 2. ditampilkan bahwa semakin jauh dari PLTMG Purwodadi maka arusnya semakin kecil. Sebagai contoh, pada beban 80% dititik PLTMG –

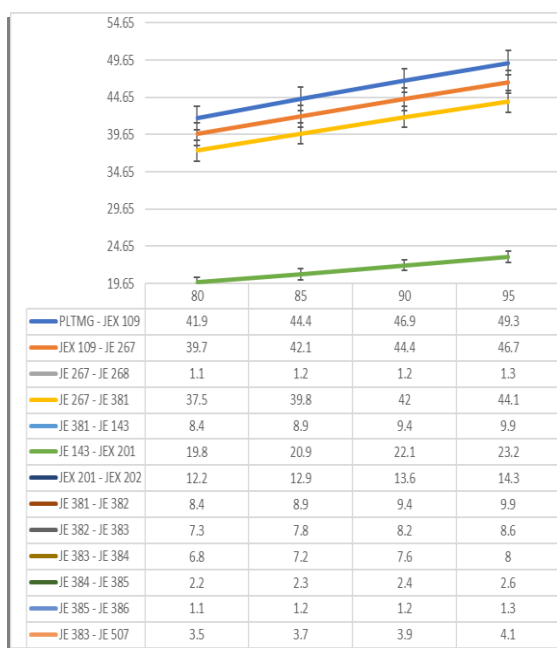
JEX109 yang merupakan pangkal lokasi arusnya sebesar 41.9 A. Sedangkan JE383 – JE507 yang merupakan ujung single line arusnya sebesar 3.5 A. Begitu juga halnya dengan beban 85%, 90% dan beban 95%.

Tabel 2. Hasil Simulasi Arus

| No | Lokasi          | Asumsi Semua<br>Beban Trafo (%) |             |             |             |
|----|-----------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|    |                 | 80                              | 85          | 90          | 95          |
|    |                 | Arus<br>(A)                     | Arus<br>(A) | Arus<br>(A) | Arus<br>(A) |
| 1  | PLTMG - JEX109  | 41.9                            | 44.4        | 46.9        | 49.3        |
| 2  | JEX109 - JE267  | 39.7                            | 42.1        | 44.4        | 46.7        |
| 3  | JE267 - JE268   | 1.1                             | 1.2         | 1.2         | 1.3         |
| 4  | JE267 - JE381   | 37.5                            | 39.8        | 42          | 44.1        |
| 5  | JE381 - JE143   | 8.4                             | 8.9         | 9.4         | 9.9         |
| 6  | JE143 - JEX201  | 19.8                            | 20.9        | 22.1        | 23.2        |
| 7  | JEX201 - JEX202 | 12.2                            | 12.9        | 13.6        | 14.3        |
| 8  | JE381 - JE382   | 8.4                             | 8.9         | 9.4         | 9.9         |
| 9  | JE382 - JE383   | 7.3                             | 7.8         | 8.2         | 8.6         |
| 10 | JE383 - JE384   | 6.8                             | 7.2         | 7.6         | 8           |
| 11 | JE384 - JE385   | 2.2                             | 2.3         | 2.4         | 2.6         |
| 12 | JE385 - JE386   | 1.1                             | 1.2         | 1.2         | 1.3         |
| 13 | JE383 - JE507   | 3.5                             | 3.7         | 3.9         | 4.1         |

Berikut ini disajikan hasil simulasi pada software ETAP berupa grafik :

Grafik Hasil Simulasi Software ETAP



Gambar 5. Hasil Simulasi Arus Terhadap Perubahan Persentase Beban

SIMPULAN

1. Semakin besar persentase beban trafo maka tegangan semakin kecil. Tegangan terkecil pada titik JE383 – JE507 yang terletak di ujung saluran sebesar 19.719 kV pada asumsi beban 95%.

2. Semakin besar persentase beban trafo maka semakin besar arus. Arus terbesar terletak pada pangkal yaitu dititik PLTMG – JEX109 sebesar 49.2 A pada asumsi beban 95%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dari data yang diperoleh yang dapat membangun pada penulisan proyek akhir ini, oleh karena itu penulis mengajukan saran untuk kemajuan pada penelitian ini, yaitu untuk penelitian berikutnya sebaiknya beban trafo sesuai dengan beban data real PLN.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Indrawan, Kurnia. "Analisa Aliran Daya Sistem Kelistrikan Pada PT." *PLN Persero Unit Pembantu Sektor Medan Titi Kuning Menggunakan Software ETAP. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara* (2018).

[2] Haurissa, Marceau AF. "SIMULASI ALIRAN DAYA BERBASIS ETAP MENGGUNAKAN METODE NEWTON-RAPHSON PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20KV PENYULANG LATERI 2 DAN LATERI 3." *Jurnal ELKO (Elektrikal dan Komputer)* 4.1 (2023).

[3] Al-afifi, Umar Faruq. "Analisa Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik menggunakan ETAP 12.6." *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri* 6.1 (2021): 16-22.

[4] Hasibuan, Arnawan, et al. "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap." *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro* 3.1 (2020): 37-45.

- [5] Haryadi, Eko Budi. "Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Peralatan Rumah Tangga." Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta (2015).
- [6] IBRAHIM, MOHAMAD FIKRI. "Studi Aliran Daya Tiga Fasa dengan Mempertimbangkan Transformator Distribusi Hubung Belitan Delta-Delta pada Penyulang Katu Gardu Induk Menggala." (2016).

***Biodata Penulis***

**Zahwa Berliana Arti,** Lahir di Jambi, 21 April 2002, Menyelesaikan Pendidikan D3 Teknik Listrik di Universitas Batanghari Jambi.

**Eko Suprpto,** Lahir di Sarko, 19 Februari 1979, Menyelesaikan Pendidikan Sarjana S1 Sistem Informatika di STMIK Nurdin Hamzah Jambi dan Magister Sistem Informatika di STIKOM Dinamika Bangsa Jambi.

**H. NJ. Thamrin,** Lahir di Mersam, 22 Mei 1977, Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Teknik Elektro di Universitas Sriwijaya Palembang dan Master of Engineering Teknik Mesin di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.