

# Analisa Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik di PT Zenith Allmart Precisindo

Effrita Arfah Z<sup>1</sup>, Trisnawati<sup>2</sup>, Dimas Bayu Zahwa Mughni<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
dimasbayuzahwa@gmail.com

## ABSTRAK

Analisa aliran daya ini untuk mengetahui sudut fasa, daya aktif, daya reaktif per saluran serta untuk mengetahui rugi rugi listrik di PT Zenith Allmart Precisindo. Analisa ini ditinjau pada keadaan sistem yang normal. Frekuensi berhubungan dengan daya nyata sedangkan tegangan berhubungan dengan daya reaktif. Analisa aliran daya ini menggunakan metode Newton Raphson dan dibantu oleh software ETAP 12.6. Hasil penelitian di PT Zenith Allmart Precisindo dalam keadaan normal menunjukkan bahwa total daya aktif (P) sebesar 680 kW, daya reaktif (Q) sebesar 480 kVAR dan daya semu (S) sebesar 832 kVA. Sementara besar rugi daya (losses) daya aktif sebesar 32,458 kW dan daya reaktif sebesar 14,154 kVAR. Persentase nilai jatuh tegangan pada Bus 2 (utama) sebesar 4 %, Bus 3(Area Finishing) sebesar 5,7 %, Bus 4(Area Inject) sebesar 5 %, Bus 5(Area Machining) sebesar 5,5 %, Bus 6(Area Medical) sebesar 5,25 %, dan Bus 7(Area Induction Furnace) sebesar 7 %.

**Kata Kunci :** Aliran daya, Rugi daya, Newton Raphson

## 1. PENDAHULUAN

PT. Zenith Allmart Precisindo ( ZAP ) mulai didirikan di Krian Jawa Timur. Perusahaan ini bergerak di bidang manufaktur baja dengan metode lost-wax casting process. Perusahaan ini dipimpin oleh manajemen yang memiliki 12 tahun pengalaman di industri lost-wax casting dan memproduksi berbagai sparepart mesin kendaraan, pompa air, kaliber, dan sebagainya. Seiring dengan semakin banyak pesanan, perusahaan ini terus melakukan pengembangan line produksi, namun dalam pengembangan ini tidak memperhitungkan daya yang tersedia serta penentuan penampang kabel yang tidak memperhitungkan penambahan beban di masa yang akan datang Sehingga desain konfigurasi awal dari sistem kelistrikan yang awalnya baik dan mampu melayani beban dengan baik, bisa menjadi tidak sesuai lagi dengan pembebanan saat ini. Untuk itu, perlu dilakukan analisis aliran daya untuk mengetahui kondisi pembebanan listrik secara keseluruhan dari sistem tenaga listrik di PT ZAP saat ini.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Gustian Adib Niagara (2015) studi aliran daya adalah penentuan atau perhitungan tegangan, arus faktor daya, dan daya yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu sistem multimesin dalam kondisi normal. Nilai-nilai yang diperoleh pada perhitungan aliran daya sangat penting untuk mengoptimalkan operasi suatu sistem tenaga listrik. Metode Newton Raphson

Metode newton raphson memiliki perhitungan lebih baik dari pada metode Gauss- Seidel bila untuk system yang lebih besar karena lebih efisien dan praktis. jumlah iterasi yang dibutuhkan untuk memperoleh pemecahan ditentukan berdasarkan ukuran system. arus yang memasuki bus i dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j$$

Persamaan diatas bila ditulis dalam bentuk polar adalah :

$$I_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| < \theta_{ij} + \delta_j$$

Daya kompleks pada bus i adalah :

$$P_i - jQ_i = V_i * I_i$$

Substitusi dari persamaan diatas adalah :

$$P_i - jQ_i = |V_i| < -\delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| < \theta_{ij} + \delta_j$$

Berdasarkan Hukum Arus Kirchoff impedansi-impedansi diubah ke admitansi admitansi yaitu

Untuk mencari slack bus

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

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2-3)$$

Persamaan (2-2), (2-3) membentuk persamaan aljabar nonlinier dengan variabel sendiri. Besarnya

setiap variabel dinyatakan dalam satuan per unit dan untuk sudut fasa dalam satuan radian. Persamaan (2-2), (2-3) dikembangkan dari deret Taylor seperti persamaan berikut ini :

$$\begin{Bmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ \Delta P_n^{(k)} \\ \Delta Q_2^{(k)} \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta \delta_2^{(k)} \\ \Delta \delta_n^{(k)} \\ \Delta |V_2^{(k)}| \\ \Delta |V_n^{(k)}| \end{Bmatrix} \quad (2-4)$$

Dalam hal ini bus 1 diumpamakan sebagai slack bus. Matrik jacobian memberikan perbandingan linear antara perubahan pada sudut tegangan  $\Delta \delta_i^{(k)}$  dan besarnya tegangan  $\Delta |V_i^{(k)}|$  dengan sedikit perubahan pada daya aktif ( $\Delta P_i^{(k)}$ ). Dalam bentuk singkat dapat ditulis seperti berikut :

$$\begin{Bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{Bmatrix} \dots \dots \dots (2-5)$$

Banyaknya elemen matrik jacobian dari persamaan ditentukan dengan  $(2n - 2 - m) \times (2n - 2 - m)$  dengan n adalah banyaknya bus pada system, sedangkan m adalah banyaknya voltage controlled buses pada system.  $J_1$  diperoleh dari  $(n-1) \times (n-1)$ ,  $J_2$  diperoleh dari  $(n-1) \times (n-1-m)$ ,  $J_3$  diperoleh dari  $(n-1-m) \times (n-1)$  dan  $J_4$  diperoleh dari  $(n-1-m) \times (n-1-m)$ .

Elemen diagonal dan diagonal luar untuk  $J_1$  adalah

$$\frac{\partial P_1}{\partial \delta_j} = \sum_{j \neq 1} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2-6)$$

$$\frac{\partial P_1}{\partial \delta_j} = - |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq 1 \quad (2-7)$$

Elemen diagonal dan diagonal luar untuk  $J_2$  adalah :

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_1}{\partial |V_i|} &= 2 |V_i| |Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + \sum_{j \neq 1} |V_i| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ii} - \theta_i + \delta_j) \quad (2-8) \\ \frac{\partial P_1}{\partial |V_i|} &= 2 |V_i| |Y_{ii}| \cos(\theta_{ii} - \theta_i + \delta_j) \quad j \neq 1 \quad (2-9) \end{aligned}$$

Elemen diagonal dan diagonal luar untuk  $J_3$  adalah :

$$\frac{\partial Q_1}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq 1} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (3-0)$$

$$\frac{\partial Q_1}{\partial \delta_i} = - |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq 1 \quad (3-1)$$

Elemen diagonal dan diagonal luar untuk  $J_4$  adalah :

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_1}{\partial |V_i|} &= -2 |V_i| |Y_{ii}| \sin \theta_{ii} + \sum_{j \neq 1} |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (3-2) \\ \frac{\partial Q_1}{\partial |V_i|} &= - |V_i| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq 1 \quad (3-3) \end{aligned}$$

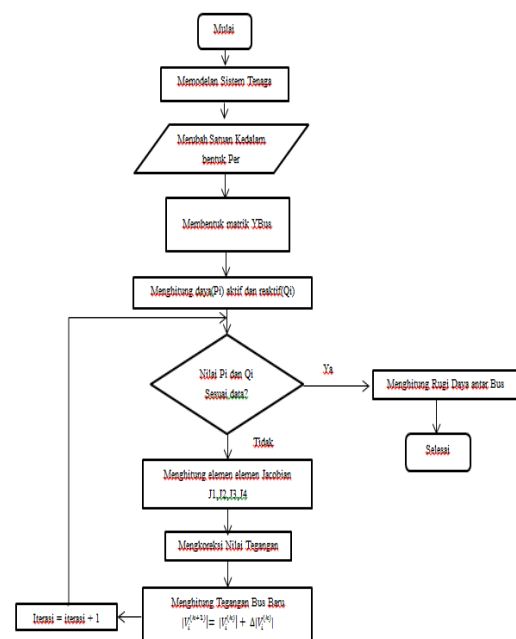
Harga dari  $\Delta P_i^{(k)}$  dan  $\Delta Q_i^{(k)}$  berbeda dengan yang terjadwal nilai perhitungan dan ini disebut sisa daya ( power residuals ) yang diberikan dengan :

$$\Delta P_i^{(k)} = P_i^{sch} - P_i^{(k)} \quad (3-4)$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{sch} - Q_i^{(k)} \quad (3-5)$$

### 3. METODE

Penelitian yang digunakan sebagai bahan analisis adalah data konfigurasi jaringan, panjang saluran, daya masuk dan keluar saluran , tegangan, arus, data generator, data transformator, data beban puncak. Data konfigurasi jaringan beserta panjang saluran telah diperoleh dari survey di PT Zenith Allmart Precisindo.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

#### 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan aliran daya menggunakan metode Newton Raphson

Tabel 1 Hasil Analisa Aliran Daya

| Bus | P (Pu) | Q(Pu) | V(Pu) Radian | V(Pu) Degree | Keterangan           |
|-----|--------|-------|--------------|--------------|----------------------|
| 1   | 0,68   | 0,48  | 1.00∠0       | 1.00∠0       | Swing Bus            |
| 2   | 0,667  | 0,36  | 0,96∠0,9     | 0,96∠51,588  | Voltage Controlled   |
| 3   | 0,056  | 0,029 | 0,943∠1,02   | 0,943 ∠58,46 | Load Bus(inductive)  |
| 4   | 0,077  | 0,037 | 0,95∠1,2     | 0,95∠68,8    | Load Bus (inductive) |
| 5   | 0,072  | 0,035 | 0,94∠1,08    | 0,945∠62     | Load Bus (inductive) |
| 6   | 0,013  | 0,007 | 0,949∠1,1    | 0,949∠63,1   | Load Bus (inductive) |
| 7   | 0,436  | 0,245 | 0,93∠1,32    | 0,93∠75,66   | Load Bus (inductive) |

Nilai daya aktif reaktif dan semu

Tabel 2 Nilai daya aktif ,reaktif dan semu

| Bus | P(Pu) | Q(Pu) | P aktual(kW) | Q aktual(kW) | S aktual(kVA)) |
|-----|-------|-------|--------------|--------------|----------------|
| 1   | 0,68  | 0,48  | 680          | 480          | 832            |
| 2   | 0,667 | 0,36  | 667          | 360          | 757,9          |
| 3   | 0,056 | 0,029 | 56           | 29           | 63             |
| 4   | 0,077 | 0,037 | 77           | 37           | 85,4           |
| 5   | 0,072 | 0,035 | 72           | 35           | 80,05          |
| 6   | 0,013 | 0,007 | 13           | 7            | 14,76          |
| 7   | 0,436 | 0,245 | 436          | 245          | 500,12         |

Nilai tegangan dalam bentuk aktual

Tabel 3 Nilai tegangan dalam bentuk aktual

| Bus | Tegangan Per unit ( Radian) | Tegangan Per unit (Degree) | Tegangan Aktual (V) | Keterangan           |
|-----|-----------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|
| 1   | 1.00∠0                      | 1.00∠0                     | 20000 ∠0°           | Swing Bus            |
| 2   | 0,96∠ - 0,9                 | 0,96∠ -51,588              | 384∠ -51,588°       | Voltage Controlled   |
| 3   | 0,943∠1,02                  | 0,943∠58,46                | 377,2∠58,46°        | Load Bus(inductive)  |
| 4   | 0,95∠1,2                    | 0,95∠68,8                  | 380∠68,8°           | Load Bus (inductive) |
| 5   | 0,945∠1,08                  | 0,945∠62                   | 378∠62°             | Load Bus (inductive) |

Nilai jatuh tegangan

Tabel 4 Nilai Jatuh Tegangan

| Bus | V Aktual (V) | V <sub>Basis</sub> (V) | Drop tegangan(%) |
|-----|--------------|------------------------|------------------|
| 1   | 20000        | 20000                  | 0                |
| 2   | 384          | 400                    | 4                |
| 3   | 377,2        | 400                    | 5,7              |
| 4   | 380          | 400                    | 5                |
| 5   | 378          | 400                    | 5,5              |
| 6   | 379          | 400                    | 5,25             |
| 7   | 372          | 400                    | 7                |

Nilai daya yang hilang dalam saluran

Tabel 5 Nilai Daya yang hilang dalam saluran (Losses)

| Saluran          | Dari bus | Menuju bus | Nilai Losses (kVA) | Nilai Losses (kW) | Nilai Losses (kVAR) |
|------------------|----------|------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| SL <sub>12</sub> | 1        | 2          | 30,2               | 27,81             | 11,747              |

|                  |   |   |        |        |        |
|------------------|---|---|--------|--------|--------|
| SL <sub>23</sub> | 2 | 3 | 0,854  | 0,76   | 0,389  |
| SL <sub>24</sub> | 2 | 4 | 1,83   | 1,66   | 0,76   |
| SL <sub>25</sub> | 2 | 5 | 0,38   | 0,345  | 0,156  |
| SL <sub>26</sub> | 2 | 6 | 0,45   | 0,392  | 0,229  |
| SL <sub>27</sub> | 2 | 7 | 1,71   | 1,491  | 0,873  |
| Total Losses     |   |   | 35,424 | 32,458 | 14,154 |

Hasil perhitungan aliran daya menggunakan ETAP

Tabel 6 Aliran daya aktif dan reaktif

| Bus               | Tegangan (V) | Daya Aktif(MW) | Daya Reaktif (Mvar) | Daya Aktif (Pu) | Daya Reaktif (Pu) |
|-------------------|--------------|----------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| 1                 | 20000        | 0,682          | 0,4                 | 0,68            | 0,48              |
| Utama             | 383,7        | 0,673          | 0,370               | 0,667           | 0,36              |
| Finishing         | 378,7        | 0,056          | 0,029               | 0,056           | 0,029             |
| Inject            | 376          | 0,077          | 0,037               | 0,077           | 0,037             |
| Bus               | Tegangan (V) | Daya Aktif(MW) | Daya Reaktif (Mvar) | Daya Aktif (Pu) | Daya Reaktif (Pu) |
| Machining         | 382          | 0,072          | 0,035               | 0,072           | 0,035             |
| Medical           | 375,8        | 0,013          | 0,007               | 0,013           | 0,007             |
| Induction Furnace | 374,4        | 0,435          | 0,247               | 0,436           | 0,245             |

| Bus               | Tegangan (V) | Daya Aktif(MW) | Daya Reaktif (Mvar) | Daya Aktif (Pu) | Daya Reaktif (Pu) |
|-------------------|--------------|----------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| 1                 | 20000        | 0,682          | 0,4                 | 0,68            | 0,48              |
| Utama             | 383,7        | 0,673          | 0,370               | 0,667           | 0,36              |
| Finishing         | 378,7        | 0,056          | 0,029               | 0,056           | 0,029             |
| Inject            | 376          | 0,077          | 0,037               | 0,077           | 0,037             |
| Bus               | Tegangan (V) | Daya Aktif(MW) | Daya Reaktif (Mvar) | Daya Aktif (Pu) | Daya Reaktif (Pu) |
| Machining         | 382          | 0,072          | 0,035               | 0,072           | 0,035             |
| Medical           | 375,8        | 0,013          | 0,007               | 0,013           | 0,007             |
| Induction Furnace | 374,4        | 0,435          | 0,247               | 0,436           | 0,245             |

Dari tabel 4.6 maka didapatkan Diagram batang seperti Gambar(4.1)

#### 5. KESIMPULAN

Analisa aliran daya sistem tenaga listrik di PT Zenith Allmart Precisindo Krian dapat diambil dari perhitungan menggunakan metode newton raphson :

Dengan perhitungan manual pada Bus 1 , nilai daya aktif (P) 680 kW, daya reaktif (Q)

sebesar 480 kVAR, dan daya semu (S) sebesar 832 kVA (83,2 % dari kapasitas Transformator). Pada Bus 2 (Bus utama), nilai daya aktif (P) sebesar 667 kW, daya reaktif sebesar 360 kVAR, dan daya semu 757,9 kVA. Dengan menggunakan software ETAP 12.6 maka pada bus 1 nilai daya aktif (P) 682 kW, daya reaktif (Q) sebesar 400 kVAR. Pada Bus 2 nilai daya aktif (P) 666 kW, daya reaktif (Q) sebesar 363 kVAR.

Dengan perhitungan manual besar rugi daya (losses) pada saluran bus 2 ke bus 3 (SL23) sebesar 0,76 kW dan 0,389 kVAR. Pada saluran bus 2 ke bus 4 (SL24) sebesar 1,66 kW dan 0,76 kVAR. Pada saluran bus 2 ke bus 5 SL25 sebesar 0,345 dan 0,156. Dengan menggunakan software ETAP 12.6 besar rugi daya (losses) pada saluran bus 2 ke bus 3 (SL23) sebesar 0,76 kW dan 0,389 kVAR. Pada saluran bus 2 ke bus 4 (SL24) sebesar 1,66 kW dan 0,76 kVAR. Pada saluran bus 2 ke bus 5 SL25 sebesar 0,373 kW dan 0,17 kW. Sehingga Total losses untuk daya aktif (P) 32,458 kW (4,8% dari total daya aktif) dan daya reaktif (Q) sebesar 14,154 kVAR (3% dari total daya reaktif). Ini menunjukkan bahwa rugi daya yang terjadi masih relatif kecil dengan prosentase kurang dari 5% untuk daya aktif dan kurang dari 10% untuk daya reaktif.

Dengan perhitungan manual besar nilai tegangan Bus 1 sebesar 20 kV, Bus 2 (utama) sebesar 384 V, Bus 3 (Area Finishing) sebesar 377,2 V. Besar jatuh tegangan pada Bus 2 (utama) sebesar 4 %, Bus 3 (Area Finishing) sebesar 5,7%. Dengan menggunakan software ETAP 12.6 besar nilai tegangan Bus 1 sebesar 20 kV, Bus 2 (utama) sebesar 383,7 V, Bus 3 (Area Finishing) sebesar 378,7 V. Besar jatuh tegangan pada Bus 2 (utama) sebesar 4,1 %, Bus 3 (Area Finishing) sebesar 5,3%. Nilai jatuh tegangan diatas persyaratan yang ditetapkan yaitu drop tegangan maksimum (kritis) mempunyai nilai  $\pm 5\%$  dari tegangan nominal. Sedangkan batas untuk tegangan marginal adalah  $\pm 3\%$  dari tegangan nominal, sedangkan untuk bus 2 dan 4 masih dibawah persyaratan yang ditetapkan.

## PUSTAKA

- [1] Kumolo, Cahyo., Analisis aliran beban pada sistem tenaga listrik di KSO Pertamina EP-Geo Cepu Indonesia Distrik 1 Kawangan menggunakan software etap 12.6, Jurnal emitor Vol 16 No.01.
- [2] Supriyadi, Ali., Analisa aliran daya sistem tenaga listrik menggunakan software etap 12.6, Forum teknologi Vol 06 No.03.
- [3] Amin, Nurhani., Perbandingan metode Gauss – sieedel dan metode Newthton Raphson dalam solusi aliran daya . Smartek.
- [4] Fatah, Muhammad., Analisa load flow tiga fasa pada saluran transmisi 150kV wilayah APP Surabaya menggunakan metode Newthton Raphson . Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Jalan Arif Rachman Hakim, Klampis Ngasem Sukolilo, Kota Surabaya.
- [5] Gustian, Adib., & Primadiyono, Yohanes. (2015). Analisa aliran daya sistem tenaga listrik pada bagian Texturizing di PT Asia Pacific Fibers Tbk Kendal menggunakan software etap power station 4.0. Jurnal teknik elektro Vol 7 No 1.
- [6] Wibowo, Andy., & Sukmadi, Tedjo. (2013). Simulasi aliran daya pada divisi Wire Rod Mill (WRM) PT Krakatau Steel (Persero) Tbk dengan menggunakan software etap 7. Makalah seminar kerja praktek.
- [7] Rajesh, K., Arjunamuthu, A., Karuppasampandiyam, M., & Bhuvanesh, A. Power Flow Analysis of 230/110 kV Substation using ETAP. Department of EEE, Kalasalingam University, India.
- [8] Kapahi, Rohit. (2013). Load flow analysis of 132 KV substation using etap software. International journal of scientific & engineering research volume 4.
- [9] Albaroka, Gulton. (2017). Analisa rugi daya pada jaringan distribusi penyalang Barata Jaya area Surabaya Selatan menggunakan etap 12.6. Jurnal teknik elektro Vol 06 Nomor 02.
- [10] Afolabi, Olukayode, A., Ali, Warsame, H., Cofie, Penrose., Fuller, John., Obiomon, Pamela., & Kolawole, Emmanuel, S. (2015). Analysis of the load flow problem in power system planning studies. Department of Electrical and Computer Engineering, Prairie View A&M University, Prairie View, USA.
11. Mismail, Budiono, Analisa Sistem Tenaga 1: Penerbit Universitas Brawijaya Malang 1983.
12. Saadat hadi. (1999). Power System Analysis. McGraw-Hill Inc, 1999.
13. SPLN No.72 tahun 1987.