

Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian *Texturizing* di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan *Software* ETAP Power Station 4.0

Adib Gustian Nigara dan Yohanes Primadiyono

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
adiebgustian@gmail.com

Abstrak— Analisis Aliran Daya Listrik (Load Flow) adalah suatu studi untuk merencanakan dan mengetahui besarnya daya dalam suatu sistem tenaga listrik. Dalam perkembangannya, industri membutuhkan tenaga listrik yang besar dan menggunakan peralatan listrik sebagai alat produksi. Manfaat dari adanya analisis aliran daya listrik adalah untuk mengetahui besarnya daya dalam sistem tenaga listrik apakah masih memenuhi batas-batas yang telah ditentukan, serta untuk mengetahui besar *Losses* yang ada, dan untuk memperoleh kondisi mula pada perencanaan sistem yang baru. Studi analisis aliran beban ini mengambil contoh pada implementasi sistem tenaga listrik di PT. Asia Pasific Fibers Tbk Kendal, dengan karakteristik beban terpusat (*lumped load*). Analisis aliran daya diawali menghitung daya aktif dan daya reaktif pada setiap simpul (*bus*) terpasang, pembebanan pada transformator, pembebanan pada saluran atau penghantar, nilai rugi daya (*Losses*), jatuh tegangan sistem, dan aliran daya pada jaringan sistem tenaga listrik terpasang. Dari hasil perhitungan aliran daya berbantuan program ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*) dapat disimpulkan bahwa sistem jaringan listrik sudah baik. Hasil yang diperoleh adalah selisih rugi daya aktif dan rugi daya reaktif pada Bus Beban 4 terlalu besar. Sedangkan jatuh tegangan masih memenuhi standar menurut hasil *Text Report* pada ETAP.

Kata kunci— *Load Flow, Losses, ETAP*

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, listrik sudah menjadi kebutuhan primer sebagai sumber energi utama untuk menjalankan semua alat dan mesin yang ada di industri. Di PT Asia Pasific Fibers, khususnya pada bagian *Texturizing*, untuk memenuhi kebutuhan listrik, energi listrik diambil dari pasokan listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN). Seiring berjalannya waktu, bagian *Texturizing* pun terus melakukan pengembangan khususnya di sektor pembangunan, yang berarti bertambah pula jumlah beban yang harus ditanggung. Akibatnya, desain konfigurasi awal dari sistem jaringan kelistrikan yang awalnya baik dan mampu melayani beban dengan baik, bisa jadi menjadi tidak sesuai lagi dengan keadaan pembebanan saat ini. Untuk itu, perlu dilakukan analisis aliran daya untuk mengetahui kondisi secara keseluruhan dari sistem tenaga listrik pada bagian *Texturizing* di PT Asia Pasific Fibers saat ini.

Analisis aliran daya dalam sistem tenaga listrik merupakan analisis yang mengungkapkan kinerja suatu sistem tenaga listrik dan aliran daya (nyata dan reaktif) untuk keadaan tertentu ketika sistem bekerja. Hasil utama dari aliran daya adalah besar dan sudut fasa tegangan pada setiap saluran (*bus*), daya nyata dan daya reaktif yang ada pada setiap saluran.

Hasil analisis aliran daya dapat digunakan untuk mengetahui besarnya *losses* (rugi daya dan tegangan), alokasi daya reaktif dan kemampuan sistem untuk memenuhi pertumbuhan beban.

Perhitungan aliran daya untuk sistem tenaga listrik pada bagian *Texturizing* di PT Asia Pasific Fibers secara manual akan sangat rumit, oleh sebab itu dalam penelitian ini digunakan *software* komputer untuk mempermudah dan mempercepat dalam proses perhitungan aliran daya. ETAP (*Electrical Transient Analisis Program*) Power Station merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan untuk perhitungan aliran daya pada sistem tenaga listrik. Dengan menggunakan *software* ETAP Power Station 4.0 akan dapat menganalisis sistem tenaga listrik yang sangat luas (Agung, 2009 dalam Dhimas, 2014 : 2).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: 1) besar nilai aliran daya yang meliputi daya aktif, daya reaktif dan daya semu yang ada pada bagian *Texturizing* di PT Asia Pasific Fibers, 2) besar nilai rugi daya (*losses*) yang terdapat dalam sistem tenaga listrik pada bagian *Texturizing* di PT Asia Pasific Fibers, 3) besar nilai tegangan dan jatuh tegangan pada setiap bus yang ada pada bagian *Texturizing* di PT Asia Pasific Fibers.

II. METODE

Dari segi desain dapat dijelaskan bahwa penelitian ini merupakan penelitian evaluatif dengan menggunakan metode penelitian *operation research/action research*, dan eksperimen dengan tingkat eksplanasi berupa deskriptif. Jadi peneliti akan mengambil data yang ada dilapangan baik pengukuran maupun kalkulasi analisis simulasi pada program bantu. Program akan memberikan laporan terkait dengan aliran daya sehingga peneliti dengan mudah mengetahui apakah sistem masih mampu mengalirkan daya dengan baik. Waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2015 bertempat di PT. Asia Pasific Fibers Tbk Kendal.

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Observasi

Observasi dilakukan di PT. Asia Pasific Fibers. Dalam observasi ini diperoleh berupa data generator, data transformator, data bus, data sistem pengaman, data beban, dan data motorlistrik yang terdapat di PT. Asia Pasific Fibers.

2. Studi pustaka

Studi pustaka yaitu informasi yang diperoleh dengan cara membaca, mencatat sistematis yang berkaitan dengan perhitungan aliran daya yang diperoleh dari sumber tertentu.

3. Eksperimen

Eksperimen ini menggunakan perangkat lunak (*software*) ETAP powerstation 4.0.0 dalam menganalisis aliran daya. Data masukan diperoleh dari hasil observasi yang dilakukan oleh peneliti.

4. Analisis

Menganalisis dan membahas data-data yang di dapat dari hasil penelitian. Analisis data dilakukan dengan metode perhitungan aliran daya yang terdapat dalam *software* ETAP powerstation 4.0.0.

Untuk metode analisis aliran daya, data-data yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan *software* ETAP power station 4.0.0. Dengan bantuan *software* ETAP power station 4.0.0 dapat mempermudah proses analisis aliran daya karena hasil dari analisis akurat dan sesuai dengan teori analisis yang sudah ada.

Analisis aliran daya listrik dengan *software* ETAP power station 4.0.0 berdasarkan pada single line diagram dan data-data masukan dari hasil penelitian yang telah diketahui. Untuk menjalankan *software* ETAP power station 4.0.0 terlebih dahulu menggambar diagram segaris sistem kelistrikan PT. Asia Pasific Fibers. Setelah diagram segaris digambarkan pada setiap komponen dalam diagram segaris seperti sumber (*power grid*), generator, bus, beban dan lain-lain diberi data masukan sesuai karakteristik komponen-komponen tersebut. Jika data yang dimasukkan tidak benar maka *software* ETAP power station 4.0.0 tidak akan menjalankan perintah untuk menganalisis aliran daya (error). Setelah data yang dimasukkan lengkap dan benar selanjutnya

dipilih metode aliran daya yang tersedia sebelum menjalankan program, pada penelitian ini dipilih metode Newton Raphson.

Dari analisis *software* ETAP power station 4.0.0 dapat dijadikan sebagai referensi kelistrikan di PT. Asia Pasific Fibers . Hasil dari *software* ETAP power station 4.0.0 berupa laporan yang terdiri atas data masukan dan laporan hasil dari perhitungan aliran daya yang dilakukan oleh program.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Klasifikasi Jaringan

Berikut ini adalah klasifikasi jaringan kelistrikan pada bagian Texturizing di PT. Asia Pasific Fibers Tbk Kendal yaitu :

1. Menggunakan satu sumber tenaga listrik utama yaitu dari PLN, sedangkan Gen.set sebagai sumber tenaga listrik cadangan dan hanya digunakan untuk penerangan ketika terjadi pemadaman listrik dari PLN.
2. Mempunyai satu *swing bus* (bus referensi)
3. Mempunyai empat *load bus* (bus beban)
4. Pada bagian *Texturizing*, terdapat empat buah trafo yang masing-masing berkapasitas 1600 kVA, 1600 kVA, 1600 kVA dan 10 MVA.
5. Menggunakan empat panel pusat *over change switch*, dengan pembagian sebagai berikut:
 - a. Panel yang disuplay dari trafo 1600 kVA (TR 1)
 - 1) Pemintal 1
 - 2) Pemintal 2
 - 3) Pemintal 3
 - 4) Recycling 1
 - b. Panel yang disuplay dari trafo 1600 kVA (TR 2)
 - 1) Pemintal 4
 - 2) Pemintal 5
 - 3) Pemintal 6
 - 4) Recycling 2
 - c. Panel yang disuplay dari trafo 1600 kVA (TR 3)
 - 1) Pemintal 7
 - 2) Pemintal 8
 - 3) Pemintal 9
 - 4) Dryer
 - 5) Borwel
 - 6) Penerangan
 - d. Panel yang disuplay dari trafo 10 MVA (TR 4)
 - 1) Compressor 1
 - 2) Compressor 2
 - 3) Chiller
6. Beban yang digunakan ada dua jenis yaitu beban statis (*static load*) dan beban dinamis atau motor (*dinamic load*). Pada bagian Texturizing ini terdapat 16 buah beban dinamis dan 1 buah beban statis.
7. Terdapat empat panel kapasitor bank sebagai perbaikan faktor daya yang terpasang di setiap bus beban dengan kapasitas yang sama yaitu 50 kvar tiap kapasitor dengan jumlah 12 buah.

B. Hasil Analisis Aliran Daya Menggunakan *Software* ETAP Power Station 4.0

TABEL I. DATA BESARAN DAYA

| No. | Beban | P (kW) | Q (kVAR) | S (kVA) |
|-----|--------------|--------|----------|---------|
| 1. | Pemintal 1 | 142 | 63 | 144 |
| 2. | Pemintal 2 | 96 | 45 | 103 |
| 3. | Pemintal 3 | 80 | 44 | 99 |
| 4. | Recycling 1 | 273 | 125 | 293 |
| 5. | Pemintal 4 | 94 | 45 | 102 |
| 6. | Pemintal 5 | 76 | 36 | 82 |
| 7. | Pemintal 6 | 126 | 59 | 136 |
| 8. | Recycling 2 | 167 | 78 | 180 |
| 9. | Pemintal 7 | 78 | 37 | 84 |
| 10. | Pemintal 8 | 92 | 49 | 112 |
| 11. | Pemintal 9 | 124 | 58 | 134 |
| 12. | Dryer | 17 | 10 | 19 |
| 13. | Borwel | 6 | 5 | 8 |
| 14. | Penerangan | 10 | 0 | 10 |
| 15. | Compressor 1 | 1500 | 648 | 1597 |
| 16. | Compressor 2 | 2000 | 855 | 2126 |
| 17. | Chiller | 920 | 405 | 982 |

Tabel 1 berisi informasi tentang besaran daya pada masing-masing beban yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S). Besaran daya ini merupakan hasil perhitungan dari ETAP setelah semua data masukan dimasukkan pada *single line diagram* dan dieksekusi.

TABEL II. NILAI DROP TEGANGAN PADA BUS

| Informasi Bus dan Nominal Tegangan | | | | Tegangan Bus | |
|------------------------------------|-------------|-------|-------|--------------|--------|
| No | Bus ID | Tipe | kV | kV | % |
| 1 | Bus Beban 1 | Load | 0.380 | 0.384 | 100,97 |
| 2 | Bus Beban 2 | Load | 0.380 | 0.385 | 101,32 |
| 3 | Bus Beban 3 | Load | 0.380 | 0.386 | 101,66 |
| 4 | Bus Beban 4 | Load | 3,3 | 3,26 | 98,84 |
| 5 | Bus Utama | Swing | 20 | 20 | 100 |

Tabel 2 memberikan informasi tentang nilai drop tegangan tiap bus. Untuk jatuh tegangan atau drop tegangan pada setiap bus mempunyai nilai yang kecil, yaitu Bus Beban 1 sebesar 0,97%, Bus Beban 2 sebesar 1,32%, Bus Beban 3 sebesar 1,66% dan Bus Beban 4 sebesar 1,16%. Nilai tersebut jauh dibawah 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.

TABEL III. DAFTAR PROGRAM BESAR RUGI DAYA

| No | Sumber Daya ID | Losses | | % Bus Voltage | | % Drop |
|----|----------------|--------|-------|---------------|--------|----------|
| | | kW | kVAR | Dari | Menuju | Tegangan |
| 1. | TR 1 | 3 | 21,4 | 100,97 | 100 | 0,97 |
| 2. | TR 2 | 2,3 | 16,6 | 101,32 | 100 | 1,32 |
| 3. | TR 3 | 2 | 14 | 101,66 | 100 | 1,66 |
| 4. | TR 4 | 10,6 | 164,6 | 98,84 | 100 | 1,16 |

Tabel 3 berisi informasi tentang rugi daya yang terdapat pada rangkaian. Total rugi daya aktif (P) adalah sebesar 17,9 kW, sedangkan total rugi daya reaktif (Q) adalah sebesar 216,6 kVAR.

TABEL IV. HASIL ANALISIS ALIRAN DAYA

| Informasi Bus dan Tegangan | | | | Beban Motor | | Beban Statis | | Aliran Daya | | | | |
|----------------------------|-------------|-------|------|-------------|------|--------------|------|-------------|-------|-------|------|-------|
| No | ID | Tipe | kV | kW | kVAR | kW | kVAR | Menuju | kW | kVAR | A | % PF |
| 1 | Bus Beban 1 | Load | 0,38 | 640 | 280 | 0 | -610 | Bus Utama | -640 | 340 | 1087 | -88,6 |
| 2 | Bus Beban 2 | Load | 0,38 | 500 | 220 | 0 | -620 | Bus Utama | -500 | 400 | 957 | -78,3 |
| 3 | Bus Beban 3 | Load | 0,38 | 360 | 160 | 10 | -620 | Bus Utama | -370 | 460 | 880 | -62,5 |
| 4 | Bus Beban 4 | Load | 3,3 | 4700 | 1910 | 0 | -590 | Bus Utama | -4700 | -1320 | 864 | 96,3 |
| 5 | Bus Utama | Swing | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | Bus Beban 1 | 640 | -310 | 20 | -89,9 |
| | | | | | | | | Bus Beban 2 | 500 | -380 | 18 | -79,7 |
| | | | | | | | | Bus Beban 3 | 370 | -450 | 16 | -63,9 |
| | | | | | | | | Bus Beban 4 | 4710 | 1490 | 142 | 95,4 |

Tabel 4 berisi informasi tentang arah aliran daya dalam sistem kelistrikan pada bagian *Texturizing* di PT Asia Pasific Fibers Tbk. Untuk no 1 sampai no 4 berisi informasi tentang arah aliran daya dari Bus Beban ke Bus Utama. Sedangkan pada no 5 berisi informasi tentang arah aliran daya dari Bus Utama ke Bus Beban.

IV. SIMPULAN

Dari hasil analisis aliran daya listrik pada bagian *Texturizing* di PT Asia Pasific Fibers maka simpulan yang dapat diambil adalah bahwa kondisi kelistrikan secara keseluruhan sudah baik dan sesuai persyaratan, dengan klasifikasi sebagai berikut :

1. Pada *swing bus*, nilai daya aktif (P) sebesar 6230 kW, daya reaktif (Q) sebesar 345 kVAR, dan daya semu (S) sebesar 6240 kVA. Pada Bus Beban 1, daya yang terpakai adalah sebesar 715 kVA (44,7% dari kapasitas TR 1), untuk Bus Beban 2 sebesar 630 kVA (39,4% dari kapasitas TR 2), untuk Bus Beban 3 sebesar 579 kVA (36,2% dari kapasitas

TR 3), dan untuk Bus Beban 4 sebesar 4886 kVA (48,9% dari kapasitas TR 4). Dapat disimpulkan bahwa kapasitas transformator yang digunakan pada bagian *Texturizing* masih relatif aman dengan prosentase pembebanan di bawah 50% pada setiap busnya.

2. Besar rugi daya (*losses*) pada TR 1 untuk daya aktif (P) sebesar 3 kW dan daya reaktif (Q) sebesar 21,4 kVAR, pada TR 2 untuk daya aktif (P) sebesar 2,3 kW dan daya reaktif (Q) sebesar 16,6 kVAR, pada TR 3 untuk daya aktif (P) sebesar 2 kW dan daya reaktif (Q) sebesar 14 kVAR, pada TR 4 untuk daya aktif (P) sebesar 10,6 kW dan daya reaktif (Q) sebesar 164,6 kVAR. Jadi total besar rugi daya (*losses*) untuk daya aktif sebesar 18 kW (2,9% dari total daya aktif) dan untuk daya reaktif sebesar 217 kVAR (8,6% 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.
3. Besar nilai tegangan pada setiap bus adalah untuk Bus Beban 1 sebesar 0,384 kV, Bus Beban 2 sebesar 0,385 kV, Bus Beban 3 sebesar 0,386 kV dan Bus Beban 4 sebesar 3,26 kV. Besar jatuh tegangan pada setiap bus mempunyai nilai yang kecil, yaitu Bus Beban 1 sebesar 0,97%, Bus Beban 2 sebesar 1,32%, Bus Beban 3 sebesar 1,66% dan Bus Beban 4 sebesar 1,16%. Nilai tersebut jauh dibawah 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.

REFERENSI

- [1] Agung, H. 2009. Analisis Load Flow dalam Sistem Tenaga Listrik di PT. Sinar Sosro Ungaran. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- [2] Arikunto, Suharsimi. 2010. Prosedur Penelitian. Jakarta : PT Asdi Mahasatya.
- [3] Dhimas, P. H. 2014. Pemanfaatan *Software* ETAP Power Station 4.0.0 untuk Menganalisis Aliran Daya Listrik di Gardu Induk Ungaran 150 kV. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- [4] Ehendra's Blog. 2010. Proteksi Pada Sistem Tenaga Listrik. Online. Tersedia di <http://ehendra.wordpress.com/stl-01/> diakses [4-9-2014].
- [5] Kadir, Abdul. 2006. Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik, Jakarta : UI - Press.
- [6] Prabowo, H. 2007. Analisis Aliran Daya di Wilayah Kerja PT PLN (Persero) UPT Semarang. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- [7] Sigit, A. P. 2015. Analisis Aliran Daya (Load Flow) dalam Sistem Tenaga Listrik Menggunakan *Software* ETAP Power Station 4.0.0 di PT. Kota Jati Furnindo Jepara. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- [8] Sugiyono. 2010. Metode Penelitian Pendidikan, Bandung : CV. Alfabeta.
- [9] Sulasno. 1993. Analisis Sistem Tenaga Listrik, Semarang : Satya Wacana.
- [10] Stevenson, Jr. W. D. 1990. Analisis Sistem Tenaga Listrik, Jakarta : Erlangga.
- [11] Tobing, B. L. 2003. Peralatan Tegangan Tinggi, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka.
- [12] Unggul, D. K. 2011. Simulasi Aliran Daya pada Penyulang 2 Gardu Induk Rawalo dengan Menggunakan *Software* ETAP 7.0. Jurnal. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [13] Zuhail. 1998. Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.