



ANALISIS *ELEKTRIC LOAD FLOW* (ALIRAN DAYA LISTRIK) DALAM SISTEM TENAGA LISTRIK MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION 4.00* DI PT. LOKATEX PEKALONGAN

Deni Saefrudin✉

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Februari 2015

Disetujui Maret 2015

Dipublikasikan Juni 2015

Keywords:

Analysis, Load, ETAP

Abstrak

Penggunaan energi listrik dewasa ini, tidak sekedar terbatas pada daerah atau konsumen masyarakat, namun energi listrik juga dikonsumsi oleh pabrik atau industri kelas atas sampai bawah. Betapa pentingnya studi aliran daya dalam merencanakan perluasan sistem tenaga listrik dan dalam menentukan operasi terbaik untuk sistem jaringan kelistrikan. Metode penyelesaian aliran daya adalah Gauss-seidel, Newton-Raphson, dan Fast Decoupled. Akan tetapi dari semua metode tersebut masih menggunakan perhitungan manual yang sangat rumit dalam penyelesaiannya. Perhitungan aliran daya secara manual untuk sistem tenaga listrik di PT. Lokatex yang sangat rumit sebaiknya dilakukan dengan menggunakan program komputer. ETAP 4.0 (Electrical Transient Analyzer Program) merupakan salah satu program komputer yang digunakan untuk perhitungan studi aliran daya pada sistem tenaga listrik.

Abstract

The use of electrical energy today, not just limited to the region or the consumer society, but also the electrical energy consumed by the factory or industrial grade top to bottom. How important the load flow studies in planning the expansion of the electric power system and to determine the best operating system for the electrical network. Load flow completion method is Gauss-Seidel, Newton-Raphson and Fast decoupled. But of all the methods are still using manual calculations very complicated in completion. Calculation manually load flow to the power system in PT. Lokatex very complex should be done using a computer program. ETAP 4.0 (Electrical Transient Analyzer Program) is a computer program that is used for the calculation of load flow studies of the power system.

LATAR BELAKANG

Energi listrik merupakan bentuk energi yang sangat umum digunakan bagi masyarakat secara luas. Penggunaan energi listrik dewasa ini, tidak sekedar terbatas pada daerah atau konsumen masyarakat, namun energi listrik juga dikonsumsi oleh pabrik atau industri kelas atas sampai bawah. Kegiatan produksi sekalipun juga ditunjang oleh ketersediaan pasokan listrik. Sistem tenaga listrik yang digunakan di Indonesia secara keseluruhan adalah sistem tegangan tiga fasa dengan arus bolak-balik. Daya yang dibangkitkan disalurkan dengan mempergunakan 3 kawat fasa dan 1 kawat netral, sehingga dengan demikian seharusnya penjumlahan dari nilai daya yang disalurkan pada masing-masing fasa sama dengan nilai daya tiga fasa yang disalurkan. Pada kenyataannya, untuk penggunaan daya dalam kurun waktu tertentu, energi listrik yang dicatat pada masing-masing fasa tidak selalu tepat sama dengan energi listrik yang dicatat pada sistem tiga fasa secara keseluruhan.

Salah satu analisis yang dapat dilakukan pada sistem interkoneksi saat keadaan mantap (*steady state*) adalah studi aliran daya. Betapa pentingnya studi aliran daya dalam merencanakan perluasan sistem tenaga listrik dan dalam menentukan operasi terbaik untuk sistem jaringan kelistrikan. Aliran daya listrik adalah suatu pembahasan studi dalam sistem tenaga listrik untuk mengetahui parameter-parameter seperti besarnya *Losses* (rugi-rugi daya, tegangan, dan arus), kemampuan alokasi daya yang dibutuhkan serta memenuhi perkembangan beban merupakan salah satu tujuan dari diadakannya analisis aliran daya. Informasi-informasi yang diperoleh dari studi aliran daya adalah arah aliran daya, tegangan bus, daya aktif dan daya reaktif. Hasil studi aliran daya dapat digunakan untuk mengetahui keseimbangan daya pada sistem kelistrikan di PT. Lokatex.

Metode penyelesaian aliran daya adalah *Gauss-seidel*, *Newton-Raphson*, dan *Fast Decoupled*. Akan tetapi dari semua metode tersebut masih menggunakan perhitungan manual yang sangat rumit dalam penyelesaiannya. Namun, seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi sekarang sudah ada penggunaan *software* komputer yang digunakan untuk

metode penyelesaian aliran daya. Di PT. Lokatex perhitungan aliran daya masih menggunakan metode perhitungan manual sehingga dalam penyelesaiannya membutuhkan waktu yang lama serta perhitungan yang sangat rumit menghambat proses studi aliran daya.

Perhitungan aliran daya secara manual untuk sistem tenaga listrik di PT. Lokatex yang sangat rumit sebaiknya dilakukan dengan menggunakan program komputer. *ETAP 4.0 (Electrical Transient Analyzer Program)* merupakan salah satu program komputer yang digunakan untuk perhitungan studi aliran daya pada sistem tenaga listrik. Program ETAP 4.0 dapat digunakan untuk sistem tenaga listrik yang besar dan memerlukan perhitungan yang sangat kompleks. Sehingga penggunaan program ETAP ini akan membantu dan mempermudah studi aliran daya di PT. Lokatex tanpa harus menghitung secara manual.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mengetahui dan memahami aliran daya?
2. Bagaimanakah cara yang dilakukan untuk mengetahui dan menghitung besarnya daya yang disalurkan pada industri?
3. Bagaimana mengetahui aliran daya saat kondisi beban terpasang?

Berdasarkan rumusan masalah di atas dapat diketahui tujuan dari penelitian yaitu :

1. Mengetahui aliran daya sistem tenaga listrik di PT. Lokatex Pekalongan pada kondisi beban terpasang (kondisi normal).
2. Mengetahui daya aktif, daya reaktif, dan *losses* pada sistem tenaga listrik di PT. Lokatex Pekalongan.
3. Mengetahui dan memahami penggunaan ETAP 4.0 untuk aliran daya pada sistem tenaga listrik di PT. Lokatex Pekalongan.

Sistem tenaga listrik adalah salah satu sarana untuk mengubah dan menyalurkan tenaga dari suatu bentuk ke bentuk lainnya, baik energi terbarukan maupun energi yang tidak terbarukan.

Menurut Afandi (2010:2) Sistem tenaga listrik terdiri dari 4 komponen utama, yaitu :

1. Sistem Pembangkitan
2. Sistem Transmisi
3. Sistem Distribusi
4. Beban

Analisis aliran daya dalam sistem tenaga listrik digunakan untuk menentukan parameter-parameter yang ada dalam sistem tenaga listrik. Sebelum studi aliran daya ini dilakukan, sistem yang dianalisis harus terlebih dahulu direpresentasikan dengan suatu diagram pengganti. Persoalan-persoalan pokok yang terdapat dalam sistem tenaga listrik adalah :

1. Aliran Daya
2. Operasi Ekonomik
3. Hubung Singkat
4. Kestabilan Peralihan
5. Pengaturan daya aktif dan pengaturan daya reaktif
6. Frekuensi
7. Tegangan
8. Pengaturan beban

Dilihat dari batasan waktu, persoalan diatas dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok keadaan, yaitu : keadaan mantap, keadaan peralihan, dan keadaan sub-peralihan.

Representasi sistem tenaga listrik itu digambarkan sesuai dengan studi-studi yang akan dilakukan, dan banyaknya keterangan yang dimasukkan dalam diagram tergantung pada maksud diagram tersebut dibuat. Misalnya dalam studi aliran daya transformator, Gen-Set, Busbar, beban-beban, tempat circuit *breaker* (pemutus tenaga) harus digambarkan semua dengan data-data yang lengkap.

Betapa pentingnya studi aliran daya dalam merencanakan perluasan sistem tenaga listrik dan dalam menentukan operasi terbaik untuk sistem jaringan kelistrikan. Aliran daya listrik adalah suatu pembahasan studi dalam sistem tenaga listrik untuk mengetahui parameter-parameter seperti besarnya

Losses (rugi-rugi daya, tegangan, dan arus), kemampuan alokasi daya yang dibutuhkan serta memenuhi perkembangan beban merupakan salah satu tujuan dari diadakannya analisis aliran daya.

Menurut Hasyim Agung (2009) Aliran daya juga dapat menganalisis keadaan suatu sistem (dalam hal ini sistem kelistrikan industri) pada keadaan *steady state* (kondisi yang mantap atau stabil). Besaran yang dihasilkan dari perhitungan studi aliran daya adalah daya nyata, daya reaktif, besaran tegangan, dan sudut beban tegangan pada setiap bus. Pada umumnya perhitungan aliran daya diasumsikan sistem dalam keadaan seimbang. Hasil dari studi aliran daya digunakan sebagai perencanaan dan menentukan operasi terbaik sistem tenaga listrik.

Perencanaan sistem aliran daya listrik industri meliputi beban yang terpasang dan beban beroperasi pada industri tersebut. Sehingga dapat diperhitungkan besarnya daya pada transformator yang dibutuhkan, jadi dengan perencanaan yang baik dan matang maka aliran daya listrik pada sistem tersebut dapat sesuai dengan kebutuhan pemakaian energi listrik, serta mengurangi terjadinya *losses*. Menentukan perencanaan operasi terbaik dari sistem aliran daya listrik meliputi pengontrolan alokasi daya reaktif yang optimal.

Pada studi aliran daya dibutuhkan parameter dengan besaran dalam keadaan stabil (tetap). Beban yang tidak menyangkut mesin-mesin yang berputar kecil pengaruhnya terhadap arus saluran total pada waktu terjadi gangguan, oleh karena itu biasanya diabaikan. Tetapi beban yang berupa motor serempak selalu dimasukkan dalam perhitungan aliran daya listrik. Beban-beban yang bekerja dapat dibagi dalam dua golongan, yaitu : beban statis (*static load*) dan beban campuran antara beban motor dan beban statis (*lumped load*).

Analisis aliran daya sangat penting karena untuk mengetahui tingkat kualitas daya yang mengalir pada sebuah sistem kelistrikan. Pada penelitian ini akan

membahas analisis aliran daya yang mengalir apakah sesuai dengan kebutuhan yang digunakan.

Aplikasi komputer saat ini sangat diperlukan dalam menyelesaikan suatu kasus atau perhitungan – perhitungan yang sudah sulit dilakukan oleh manusia dan membutuhkan waktu yang cukup lama. Aplikasi komputer yang digunakan untuk menghitung aliran daya disini menggunakan *software* ETAP 4.0 yang dapat mempermudah dalam menghitung dan menganalisisnya.

Menurut Muhammad Ruswandi Djalal (2012) *ETAP (Electric Transient and Analysis Program)* merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamananan fasilas nuklir di Arnerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara *real time*, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik, (Awaluddin, 2007). ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*one line diagram*) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, *starting* motor, *transient stability*, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah uji analisis aliran daya menggunakan *software* ETAP dengan menggunakan pendekatan kualitatif. Metode analisis

data menggunakan metode deskriptif, metode deskriptif sebagai kegiatan yang meliputi pengumpulan data dalam rangka menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan yang menyangkut keadaan yang sedang berjalan dari pokok suatu penelitian.

Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Observasi

Observasi atau penelitian dilakukan di PT. Lokatex Pekalongan. Dalam observasi ini diperoleh informasi data yang diperlukan untuk perhitungan aliran daya dan akan digunakan untuk keperluan eksperimen.

2. Studi pustaka

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

3. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada pegawai d PT. Lokatex Pekalongan bagian kelistrikan. Hasil dari wawancara digunakan untuk melengkapi data yang telah diperoleh sebelumnya.

Analisis data merupakan suatu langkah yang sangat penting dalam keseluruhan penelitian. Data yang terkumpul akan diolah untuk mendapatkan suatu kesimpulan dan hasil penelitian. Agar data tersebut memberikan rangkuman keterangan yang dapat dipakai secara tepat dan teliti maka harus menggunakan teknik analisis data.

Dalam penelitian ini yang digunakan adalah Teknik analisis data deskriptif. Teknik analisis data deskriptif adalah suatu cara menggambarkan persoalan yang berdasarkan data yang dimiliki yakni dengan cara menata data tersebut sedemikian rupa sehingga dengan mudah dipahami tentang karakteristik data, dijelaskan dan berguna untuk keperluan berikutnya.

Teknik analisis data deskriptif digunakan untuk menjelaskan hasil analisis aliran daya menggunakan *software* ETAP di PT. Lokatex Pekalongan. Untuk mempermudah dalam membuat kesimpulan maka

dalam membuat kesimpulan dari data yang telah diperoleh akan ditabelkan. Adapun tabel yang akan dibuat adalah tabel hasil perhitungan aliran daya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini data awal atau data masukan yang diperoleh dari nilai-nilai pada komponen kelistrikan di PT. Lokatex Pekalongan serta data yang diambil pada *software ETAP power station 4.00* dalam menu *library* kemudian dimasukkan

pada diagram satu garis yang sudah dibuat pada *software*.

Setelah program dijalankan maka data akhir atau hasil dari perhitungan aliran daya dapat diperoleh dan dapat dilihat pada menu *text report*. Tampilan hasil perhitungan aliran daya ini dalam bentuk tabel dimana semua tabel menunjukkan nilai aliran daya yang nantinya dapat dianalisis dan diambil kesimpulan. Berikut ini adalah hasil penelitian aliran daya yang dilakukan di PT. Lokatex Pekalongan dan analisis datanya.

Tabel 1 Data masukan yang diperoleh pada bus

No	Bus ID	Type	Tegangan Kv	Beban Motor		Beban Statis	
				KW	KVar	KW	KW
1	Bus 1	Swing	20	000	000	000	000
2	Bus 2	Load	0.38	000	000	000	000
3	Bus Finishing	Load	0.38	332	206	83	51
4	Bus Kapasitor	Load	0.38	000	000	000	-600
5	Bus Printing	Load	0.38	293	182	73	45
6	Bus Utility	Load	0.38	177	110	44	27
7	Bus Weaving	Load	0.38	324	201	81	50
Jumlah total bus = 7 bus				1126	699	281	-427

Dalam penelitian analisis aliran daya listrik di PT. Lokatex Pekalongan diansumsikan beban yang beroperasi adalah 80% beban motor dan 20% beban statis. Perhitungan yang dilakukan yaitu dengan metode perhitungan menggunakan *software* komputer *ETAP power station 4.00*.

Pada bus 2 tidak mempunyai nilai beban karena bus tersebut merupakan penghubung antara transformator dengan bus-bus beban atau *load bus*. Sedangkan pada bus kapasitor juga tidak mempunyai nilai beban karena kapasitor adalah sebagai alat untuk memperbaiki faktor daya dan mempunyai sifat kapasitif.

Pada transformator yang digunakan adalah satu buah transformator dengan kapasitas daya sebesar 2000 KVA. Pada saat transformator tersebut bekerja menggunakan tegangan primer sebesar 20 KV dari jaringan tegangan menengah PLN dan tegangan sekunder atau tegangan kerja sebesar 0.38 KV atau 380 Volt dengan nilai impedansi adalah 6.75 %. Penyaluran energi dilakukan oleh *swing bus* atau bus 1 dan disalurkan menuju bus 2 setelah itu disalurkan ke bus-bus beban atau *load bus*.

Dari hasil perhitungan aliran daya pada setiap bus, dapat diketahui total *losses* rugi daya yaitu untuk daya aktif sebesar 9.9 KW dan untuk daya reaktif sebesar 70.6 Kvar. Sedangkan drop tegangan atau jatuh tegangan sebesar 1.6 %.

Dari seluruh hasil analisis aliran daya menggunakan *software ETAP power station 4.00* di PT. Lokatex Pekalongan maka secara garis besar dapat diketahui untuk besarnya daya aktif adalah 1408 KW dan untuk besarnya daya reaktif adalah 358 Kvar dan daya terpasang sebesar 1453 KVA dengan faktor daya sebesar 96.9 *lagging* atau didahului.

Besarnya daya pemakaian total motor yang digunakan adalah untuk daya aktif sebesar 1127 KW dan untuk daya reaktifnya sebesar 698 Kvar. Sedangkan untuk pemakaian beban statis adalah untuk daya aktif sebesar 282 KW dan daya reaktifnya sebesar -425 Kvar. Besarnya *losses* atau rugi daya yang diperoleh adalah untuk rugi daya aktif sebesar 9.9 KW dan untuk rugi daya reaktifnya sebesar 70.6 Kvar.

PENUTUP

Setelah dilakukan penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada *swing bus* besarnya daya aktif (P) adalah 1408 KW dan daya reaktif (Q) sebesar 358 Kvar dan daya semu atau daya terpasang sebesar 1453 KVA dengan faktor daya sebesar 96.9 *lagging* atau didahului.
2. Besarnya daya pemakaian total motor yang digunakan adalah untuk daya aktif sebesar 1127 KW, untuk daya reaktif sebesar 698 Kvar. Besarnya pemakaian beban statis adalah untuk daya aktif sebesar 282 KW dan untuk daya reaktifnya sebesar -425 Kvar. Besarnya *losses* atau rugi daya yang diperoleh adalah untuk rugi daya aktif sebesar 9.9 KW dan untuk rugi daya reaktif sebesar 70.6 Kvar. Besarnya persentase drop tegangan 1.6 %.
3. Analisis sistem tenaga listrik pada zaman modern seperti sekarang ini untuk menganalisis aliran daya listrik maka akan dipermudah dengan bantuan aplikasi komputer. Dalam penelitian ini *software* yang digunakan adalah *ETAP power station 4.00*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abi. 2012. Kapasitor Bank. <http://www.abi-blog.com/2012/08/kapasitor-bank.html?m=1> (diakses pada tanggal 20 februari 2014 pukul 09.00)
- Afandi A.N. 2010. Operasi Sistem Tenaga Listrik Berbasis ESDA. Yogyakarta : Gava Media
- Agung Hasyim. 2009. Analisis aliran daya listrik di PT. Sinar Sosro Ungaran. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- Anonim. (2003). Modul Pembelajaran Panel Busbar, Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional.
- Jr, Stevenson. Wiliam D. 1990. Analisis Sistem Tenaga Listrik. Jakarta : Erlangga
- Tobing, B.L. 2003. Peralatan Tegangan Tinggi. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Jusmedy Fery. 2007. Studi Aliran Daya Sistem 115KV PT. Chevron Pasific Indonesia. Skripsi. Medan : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Rizki. 2006. Diagram vektor fluks magnetik. http://dunia_listrik.blogspot.com/2006_04_01_archive.html?m=1. (diakses pada tanggal 5 Maret 2014 pukul 22.00).
- Ruswandi, Djalal Muhammad. 2012. Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik. http://energi08pnup.blogspot.com/2012/08/Aliran_Daya_Sistem_Tenaga_Listrik.html (diakses pada tanggal 5 Maret 2014 pukul 23.46).
- Ruswandi, Djalal Muhammad. 2012. Langkah-langkah Penyelesaian Analisa Aliran Daya Dengan Menggunakan Metode Newton Raphson. http://energi08pnup.blogspot.com/2012/08/Langkah-langkah_Penyelesaian_Analisa_Aliran_Daya_Dengan_Menggunakan_Metode_Newton_Raphson.html (diakses pada tanggal 18 Februari 2014 pukul 12.30).
- Ruswandi, Djalal Muhammad. 2012. Tentang ETAP (Electrical Transient Analyzer Program). [http://energi08pnup.blogspot.com/2012/08/ETAP_\(Electrical_Transient_Analyzer_Program\).html](http://energi08pnup.blogspot.com/2012/08/ETAP_(Electrical_Transient_Analyzer_Program).html) (diakses pada tanggal 18 Februari 2014 pukul 12.20).
- Sulasno, Ir. 1993. Analisa Sistem Tenaga Listrik. Semarang : Satya Wacana.
- Sugiyono, 2011. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Jakarta : Alfabeta.
- Widodo Priyo. 2007. Analisis aliran daya pembangkit listrik tenaga disel dengan ETAP di pusdiklat migas cepu. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- Zuhal. (1990). Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.