Laporan Praktikum Analisis Sistem Tenaga Listrik

Modul I – Pengenalan *Single Line Diagram* dan Aliran Daya dengan *Software* ETAP 12.6

Feriawan Darma Pradana / 13524059

Asisten: Alif Rizkon Darmawan

Tanggal praktikum: 18 Agustus 2017

13524059@student.uii.ac.id

Teknik Elektro – Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

***Abstrak*—Analisa terhadap aliran daya pada suatu sistem tenaga listrik sangatlah penting dilakukan untuk mengetahui besar daya yang mengalir, rugi- rugi, dan juga jatuh tegangan pada sistem. Namun hal ini kadang sulit untuk dilakukan karena harus dihadapkan pada perhitungan yang kompleks dan rumit serta dibutuhkan waktu yang lama. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka digunakan bantuan *software* yaitu ETAPagar proses perhitungan dapat dilakukan dengan mudah, cepat dan akurat. Pada praktikum ini dilakukan analisis terhadap aliran daya dengan menambahkan beban secara bertahap pada sistem. Hasil praktikum menunjukkan semakin banyak beban yang terhubung maka semakin besar daya yang dibangkitkan oleh sumber. Percobaan pertama dengan 1 buah beban membangkitkan daya sebesar 54 kW, pada percobaan kedua dengan 2 buah beban menghasilkan nilai 57 kW, dan pada percobaan ketiga dengan 3 buah beban membangkitkan daya sebesar 61 kW. *Software* ETAP terbukti dapat mempermudah perhitungan besar daya dan rugi-rugi pada sistem.**

***Kata kumci— Aliran daya; sistem tenaga listrik; ETAP.***

1. Pendahuluan

Suatu sistem tenaga listrik merupakan kesatuan dari beberapa sistem, yaitu sistem pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi tenaga listrik, sistem distribusi tenaga listrik, serta sistem proteksi yang terdapat pada sistem-sistem tersebut. Sistem tenaga listrik yang baik adalah sistem tenaga listrik yang memiliki faktor keandalan tinggi, bersifat ekonomis dan aman [1]. Untuk mencapai faktor-faktor tersebut, suatu sistem tenaga listrik harus dapat dianalisis besar daya, besar rugi-rugi, dan besar drop tegangannya sehingga sistem tenaga listrik tersebut andal dan ekonomis. Sayangnya proses analisa aliran daya, rugi-rugi daya, dan besar penurunan tegangan dihadapkan pada perhitungan yang rumit dan komplek sehingga membutukan waktu yang sangat lama pada sistem yang besar.

Untuk memudahkan perhitungan dan analisa aliran daya, rugi-rugi daya, serta besar *voltage drop* dapat digunakan bantuan perangkat lunak (*software engineering*) sehingga dapat dilakukan lebih cepat dan akurat. *Software* ETAP dipilih karena kemudahan dalam pengoperasian, kecepatan dalam iterasi, dan keakurasian dalam perhitungan sehingga proses perhitungan dapat dengan mudah dan cepat. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mempelajari fungsi dari *software* ETAP dalam menganalisis sistem tenaga listrik, mempelajari cara membuat Single Line Diagram (SLD) dengan menggunakan software ETAP 12.6, dan mempelajari konsep aliram daya (*Load Flow*) dalam sistem tenaga listrik. Salah satu fitur yang dapat digunakan pada *software* ETAP adalah analisa aliran daya. Percobaan aliran daya ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran daya yang berupa pengaruh dari variasi beban dan rugi-rugi transmisi pada aliran daya serta mempelajari adanya tegangan jatuh di sisi beban [2]. Aliran daya berupa besar daya yang dibangkitkan, besar rugi-rugi yang terjadi, besar arus yng mengalir pada sistem serta nilai *voltage drop* dari sistem.

1. Tinjauan Pustaka
	1. *ETAP*

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 dan *online* untuk pengelolaan data dan kendali sistem secara *real-time*. Fitur yang terdapat di dalamnya antara lain fitur untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi, dan sistem distribusi tenaga listrik.

* 1. *Analisis Tenaga Listrik*

Dalam menganalisa tenaga listrik, suatu diagram saluran tunggal (*single line diagram*) merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun analisa rangkaian. Elemen elektrik seperti pemutus rangkaian, transformator, kapasitor, bus bar, dan konduktor lain dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah distandardisasi untuk diagram saluran tunggal. Elemen pada diagram tidak mewakili ukuran fisik atau lokasi dari peralatan listrik, tetapi merupakan konvensi umum untuk mengatur diagram dengan urutan kiri-ke-kanan yang sama, atas-ke-bawah, sebagai saklar, atau peralatan lainnya yang diwakili. Beberapa elemen yang digunakan dalam suatu diagram saluran tunggal adalah Generator, Transformator, Pemutus Tenaga, dan lain-lain [3].

1. Langkah Praktikum

Adapun urutan pengerjaan dalam praktikum ini dimulai dengan membuka *software* yang digunkan (ETAP 12.6), setelah ETAP terbuka klik pilihan *file* >> *new* >> (isikan nama pada lembar kerja bebas sesuai keinginan) >> pada kolom unit system pilih pada bagian “*Metric*” >> setelah itu klik “*Ok*”. Setelah klik “*Ok*” pada langkah sebelumnya maka akan muncul jendela “*Access Level Permission*”, pada bagian ini lakukan *check list* pada semua pilihan yang ada dan setelah itu klik “*Ok*”. Setelah klik “*Ok*” maka akan muncul tampulan jendela kerja pada layar monitor yang berwarna putih dengan berbagai pilihan pada bagian atas layar dan simbol-simbol perlatan sistem tenaga listrik pada bagian kanan lembar kerja. Pada percobaan ini digunakan simbol dengan stantar *International Electrotechnical Commission* (IEC), untuk pengecekan pilih “*Project*” kemudian pilih pada bagian “*Standard*” kemudian pilih standar “IEC”.Untuk merapikan lembar kerja pada saat penyusunan peralatan tenaga listrik maka pada lembar kerja dapat digunkan “*grid*” dengan cara klik *icon* grid  pada bagian atas lembar kerja.

Setelah semua pengaturan selesai dilakukan kemudian saatnya memasukkan semua peralatan yang dibutuhkan dalam percobaan. Peralatan tersebut antara lain: generator sebanyak 1 buah, busbar sebanyak 2 buah, transformator sebanyak 1 buah, dan beban berupa motor sebanyak 1 buah. Kemudian susun kesemua peralatan sedemikian rupa sehingga semua peralatan dapat dihubungkan atau dikoneksikan. Untuk pengaturan pada masing-masing peralatan lakukan klik dua kali pada generator pada *icon* generator di lembar kerja setelah itu maka akan terbuka jendela pengaturan pada jendela “Info” pilih generator pada pengaturan “*Swing*” generator. Pada jendela pengaturan “*Rating*” isikan nilai *rating* generator sebesar 20 MW dan 3.3 kV, abaikan pengaturan yang lain dan kemudian pilih “Ok”.

Setelah itu lanjutkan dengan pengaturan pada tranformator dengan cara yang sama yaitu klik dua kali pada *icon* transformator setelah jendela pengaturan muncul pilih jendela pengaturan “*Rating*” kemudian atur nilai tegangan primer sebesar 3.3 kV, tegangan sekunder sebesar 0.4 kV, dan *rating* transformator sebesar 20 MVA. Setelah itu pada bagian *impedance* klik “*Typical Z & X/R*” sehingga nilai impedansi trafo terisi dan kemudian pilih “*Ok*”. Yang terakhir adalah pengaturan pada motor dilakukan dengan cara yang sama, setelah jendela pengaturan muncul pada bagian “*Nameplate*” isikan *rating* motor sebesar 50 kW dan stelah itu klik “*Ok*”. Parameter setiap alat yang digunakan pada praktikum ini ditampilkan pada Tabel 1.

 Tabel 1. Nilai Parameter Tiap Alat yang Digunakan

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Nama Alat** | **Rating Tegangan (kV)** | **Rating Daya** |
| **Daya Semu** | **Daya Nyata**  | **Daya Reaktif** |
| 1 | Generator | 3.3 | - | 20 MW | - |
| 2 | Trafo | 3.3 / 0.4 | 20 MVA | - | - |
| 3 | Motor | 0.4 | - | 0.05 MW | - |

Setelah *setting* nilai semua peralatan selesai dilakukan maka dilakukan studi aliran daya dengan cara pada bagian atas lembar kerja pilih perintah “*Load Flow Analisys*” setelah di klik pada bagian *Load Flow Analisys* maka *icon* yang terdapat pada bagian sebelah kanan lembar kerja akan berubah. Pada *icon* yang terdapat pada bagian kanan lembar kerja pilih perintah “*Run Load Flow*” maka pada lembar kerja akan terlihat nilai-nilai yang terdapat pada perlatan yang terpasang secara *Default* pada ETAP akan menampilkan daya dalam kW + jkVAR. Untuk merubah tampilan nilai pada lembar kerja (missal dari tegangan dan daya menjadi arus dan sudut fasa) dapat dilakukan dengan perintah “*Display Option”* yang terdapat pada bagian kanan lembar kerja. Demikinalah langkah percobaan dalam melakuakn studi aliran daya pad ETAP. Untuk melihat perbedaanya dapat dilakukan dengan merubah nlai setting pada motor ataupun menambah jumlah beban motor sehingga dapat terlihat perbedaan aliran dayanya.

1. Hasil dan Analisis

Hasil dari percobaan yang pertama adalah studi aliran daya dengan menggunakan satu buah beban motor. Hasil percobaan ditampilkan pada Gambar 1. Hasil percobaan pertama tentang *load flow* saat di atur yang ditampilkan adalah nilai P (daya nyata/aktif) (kW) dan Q (daya reaktif) (kVAR), didapat hasil aliran dayanya adalah seperti pada Gambar 1. Dari hasil diatas dapat diketahi bahwa nilai P dan Q yg dihasilkan oleh swing generator adalah sebesar 54+j25. Hal ini berarti nilai P = 54 kW dan nilai Q = 25 kVAR. Pada saat ditransmisikan tidak terjadi penurunan daya yg signifikan karena dari hasil percobaan terlihat bahwa nilai P dan Q pada saat melewati trafo sama dengan saat daya di bangkitkan, dan pada saat daya sampai pada beban tidak terlihat penurunan daya yang signifikan. Meskipun saat dihitung persentasenya terlihat penurunan yang sangat kecil sehingga tidak begitu berpengaruh pada hasil yang terlihat. Tidak terjadinya penurunan daya yang signifikan ini diakibatkan karena resistivitas kabel yg kecil dan jarak transmisi dari sumber ke beban yang pendek.



Gambar 1. Hasil percobaan dengan satu buah beban

Pada percobaan kedua jumlah beban ditambah dengan beban berupa beban statik sebanyak 1 buah sehingga didapatkan hasil percobaan seperti pada Gambar 2. Hasil percobaan *load flow* yang kedua ini pada saat diatur, yang ditampilkan adalah nilai P (daya nyata/aktif – kW) dan Q (daya reaktif – kVAR). Hasil aliran daya yang didapat seperti pada Gambar 2. Pada hasil percobaan kedua yaitu dengan menggunakan dua buah beban menunjukkan bahwa nilai P dan Q yg dihasilkan oleh *swing* generator adalah sebesar 57+j25. Hal ini berarti besar nilai P = 57 kW dan nilai Q = 25 kVAR. Pada saat ditransmisikan melalui sisi primer trafo, nilai P dan Q pada saat melewati trafo sama dengan saat daya dibangkitkan sehingga dapat dikatakan tidak ada penurunan daya pada kondisi itu. Pada *bus* 2 daya yang dikirimkan dibagi menjadi 2 beban, yakni beban motor dan beban statik. Beban pada motor memperlihatkan daya aktif yang diterima sebesar 54 kW, dan daya reaktif yang diterima sebesar 25 kVAR. Pada sisi beban statik diketahui daya aktif yang diterima sebesar 2 kW dan tidak ada daya reaktif yg diterima karena pada beban statik diatur faktor dayanya 100% sehingga tidak ada daya reaktifnya. Namun, saat daya pada motor dan beban statik dijumlahkan nilainya tidak menunjukkan 57+j25, melainkan 56+j25; hal ini dapat terjadi karena adanya rugi-rugi daya yang besarnya kurang lebih 1 kW.



Gambar 2. Hasil Percobaan dengan dua buah beban

Pada percobaan yang ketiga atau percobaan yang terakhir, jumlah beban ditambah lagi dengan sebuah beban *lump* sehingga jumlah beban menjadi tiga buah beban yaitu beban motor, beban statik, dan beban *lump* sehingga didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Hasil percobaan ketiga dengan tiga buah beban

Dari hasil percobaan *load flow* yang ketiga ini pada saat diatur yang ditampilkan adalah nilai P (daya nyata/aktif)(kW) dan Q (daya reaktif)(kVAR). Hasil aliran daya ditampilkan pada Gambar 3. Dapat diketahi bahwa nilai P dan Q yg dihasilkan oleh *swing generator* adalah sebesar 61+j27. Hal ini berarti besaran nilai P = 61 kW dan nilai Q = 27 kVAR. Pada saat di transmisikan melalui sisi primer trafo, nilai P dan Q pada saat melewati trafo sama dengan saat daya di bangkitkan sehingga dapat dikatan tidak ada penurunan daya pada kondisi itu. Pada bus 2 daya yang di kirimkan di bagi kedalam 2 beban yakni motor dan beban statik. Nilai daya aktif yang diterima pada motor sebesar 54 kW, dan daya reaktif yang diterima sebesar 25 kVAR. Sisi beban statik diketahui daya aktif yang diterima sebesar 2 kW dan tidak ada daya reaktif yg diterima karena pada beban statik telah diatur faktor dayanya 100% sehingga tidak ada daya reaktifnya. Besar daya aktif yang terdapat pada beban *lump* yaitu sebesar 4 kW dan daya reaktifnya sebesar 3 kVAR. Namun, saat dijumlahkan antara daya pada motor dan beban statik jumlahnya tidak 61+j27, melainkan 60+j28. Hal ini dapat terjadi karena adanya rugi-rugi daya yang besarnya kurang lebih 1.2 kW dan pada beban *lump* daya reaktifnya besar karena telah diatur motor dan static pada beban *lump* masing-masing 50%. Sehingga apabila nilai persentase motornya cukup besar, maka akan menimbulkan daya reaktif yang besar pada *lumped load*.

1. Kesimpulan

Dari hasil percobaan tentang analisis aliran daya dengan menggunakan ETAP dapat disimpulkan bahwa *one line diagram* adalah sebuah diagram yang digunakan untuk mengetahu sistem secara global atau menyeluruh untuk keperluan analisis aliran daya. Aliran daya menggambarkan bagaimana daya yang di bangkitkan di transmisikan dari sumber pembangkit sampai pada beban, sehingga dapat diketahui rugi-rugi daya pada saat daya di kirimkan dari sumber hingga sampai ke beban. Dari ketiga hasil percobaan dapat diketahui semakin besar beban yang terhubung pada sistem maka semakin besar jumlah daya yang dibangkitkan oleh sumber serta semakin besar juga rugi-rugi dayanya. Pada percobaan pertama dengan 1 buah beban maka besar daya dibangkitkan sebesar 54 kW dengan rugi-rugi daya sebesar 75 watt. Pada percobaan kedua digunakan 2 buah beban sehingga besar daya yang dibangkitkan sebesar 57 kW dengan rugi-rugi dayanya sebesar 1 kW. Dan pada percobaan ketiga dengan menggunakan 3 buah beban, maka besar daya yang dibangkitkan sebesar 61 kW dan dengan rugi-rugi daya sebesar 1.2 kW.

Daftar Pustaka

[1] T.D. Saputro, Hermawan dan S. Handoko. “Evaluasi Setting Relay Proteksi Generator pada Plan PT. Petrochina International Jabung Ltd. Betara Complex *Development Project* menggunakan Simulasi ETAP 12.6.0.”, *Jurnal Teknik Elektro*, Vol.4, No. 4, Desember 2015.

[2] H. Asy'ari, Jatmiko, Umar dan D. Hermawan*.* “Analisa Koordinasi Proteksi Instalasi Motor Pada PT . Kusumaputra Santosa Karanganyar”, In *Proc.* Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI), vol. 2010, pp. 7–12.

[3] H. Triwidodo, H. Suryoatmojo, and M. Pujiantara, “Pendekatan Adaptif Multi Agen Untuk Koordinasi Rele Proteksi Pada Sistem Kelistrikan Industri.,” *J. Tek. Pomits*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.