

ANALISIS ALIRAN DAYA PADA FEEDER LAPINDO RAYON PORONG SIDOARJO MENGGUNAKAN ETAP 12.6

Roni Achmad Basuki¹, Mohammad Muksim², Sabar Setiawidayat³

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Widyagama, Malang

Email : Roniachmad338@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro, Universitas Widyagama, Malang

Email : 07muhsin@gmail.com

³Jurusan Teknik Elektro, Universitas Widyagama, Malang

Email : Masdapro@yahoo.com

Abstrak

Hasil evaluasi penerapan jaringan Distribusi Lapindo rayon Porong Sidoarjo menunjukkan bahwa rugi tegangan sebesar 5,19% dan rugi daya nyata sebesar 0,375 MW dengan daya reaktif sebesar 0,361 MVAR. Berdasarkan SPLN No.72 tahun 1987, maka rugi tegangan maksimum yang diijinkan sebesar 5% sedangkan untuk rugi daya maksimum sebesar 10%. Guna memenuhi standartersebut maka perlu dilakukan upaya teknis yang memadai. Upaya yang dilakukan dalam penelitian ini adalah up rating penghantar, pemasangan Bank kapasitor dan pengaturan tap transformator. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa rugi tegangan menjadi sebesar 1,43%, rugi daya aktif menjadi 0,182 MW dan rugi daya reaktif menjadi 0,269 MVAR.

Kata kunci: Bank kapasitor, Tap transformator, Kabel feeder, Profil tegangan

Abstract

The evaluation result of Lapindo rayon Porong Sidoarjo Distribution network implementation shows that the voltage loss is 5.19% and the real power loss is 0.375 MW with reactive power of 0.361 MVAR. Based on SPLN No.72 of 1987, the maximum allowable voltage loss of 5% while for maximum power loss of 10%. In order to meet these standards it is necessary to make adequate technical efforts. Efforts made in this research is up the conductor rating, installation of Bank capacitor and transformer tap settings. The results show that the voltage loss becomes 1.43%, the active power loss becomes 0.182 MW and the reactive power loss becomes 0.269 MVAR.

Keywords: Bank capacitor, Tap transformer, Feeder cable, Voltage profile

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik selama ini selalu meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk. Kondisi ini mensyaratkan ketersediaan suplai daya listrik yang efisien dan berkualitas dalam batas-batas yang diijinkan. Pada kenyataannya penyaluran dan pendistribusian tenaga listrik terdapat hal yang tidak dapat dihindari, diantaranya adalah jatuh tegangan dan rugi daya (losses).Rugi-rugi tersebut terjadi karena semakin panjang saluran distribusi, maka

semakin besar pula nilai impedansi saluran tersebut yang berdampak pada besarnya nilai rugi daya dan jatuh tegangan(Sampeallo et al., 2013).

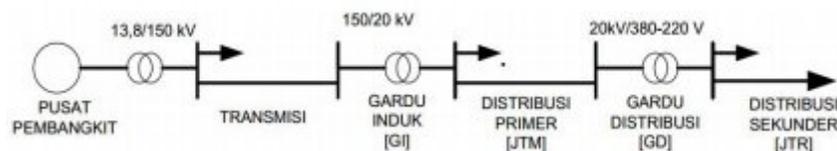
Kehilangan energi perlu diprediksi dan diantisipasi agar terjadi dalam batas normal dan wajar. Rugi – rugi daya atau jatuh tegangan itu sendiri adalah daya yang terbuang karena ada tekanan atau resistansi dari sistem jaringan dan transformator(Stokes, 2003). Besarnya nilai rugi daya diperlukan untuk menentukan keandalan pada sistem, berdasarkan SPLN No.72 tahun 1987 yaitu nilai rugi daya dan jatuh tegangan tidak boleh melebihi standar yang diijinkan, yaitu 5% untuk rugi tegangan dan 10% untuk rugi daya(SPLN 72, 1987).

Sistem jaringan *Feeder* Lapindo yang selama ini telah beroperasi lama dan seiring pertambahan penduduk serta perluasan pemukiman maka dibutuhkan penambahan kapasitas daya. Hal ini perlu dilakukan studi mengenai kemampuan daya yang disalurkan dan besar rugi-rugi daya yang terjadi.Pada penelitian ini akan menganalisa aliran daya pada *Feeder* Lapindo Rayon Porong Area Sidoarjo. Hasil dari analisis aliran daya yaitu dengan diketahuinya nilai tegangan dan daya, maka dapat dilakukan sebuah analisis sistem tenaga listrik yang digunakan untuk meminimalkan rugi-rugi daya yang terjadi dan memperbaiki profil tegangan yang ada(Stagg, G.W. & El-Abiad, A.H., 1968). Perbaikan profil tegangan dan rugi-rugi daya dapat dilakukan dengan cara mengganti ukuran kabel, pemasangan bank kapasitor dan pengaturan tap transformator.

METODE PENELITIAN

a) Sistem distribusi tenaga listrik

Sistem distribusi adalah keseluruhan komponen dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan secara langsung antara sumber daya yang besar (seperti pada gardu transmisi) dengan konsumen tenaga listrik(Chang, 1968).



Gambar 1.Single Line Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

b) Aliran daya

Perhitungan aliran daya dan tegangan pada sistem tenaga listrik merupakan bagian yang sangat penting dalam menentukan rugi daya, hal ini dapat dilakukan pada seluruh jaringan yang direpresentasikan dalam rangkaian satu

fasa. Selanjutnya setiap bus dikategorikan berdasarkan empat kondisi yaitu tegangan (V), daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan sudut fasa (δ). Sehingga dikenal nama bus referensi (*swing bus*), bus beban (*load bus*) dan bus pembangkit (*generator bus*). Salah satu metode aliran daya yang banyak digunakan adalah metode *Newton-Raphson*, karena iterasinya lebih singkat dan proses komputasinya lebih cepat. Untuk menerapkan metode *Newton-Raphson* pada penyelesaian aliran daya kita dapat menyatakan tegangan rel dan admintansi saluran dalam bentuk polar atau bentuk siku-siku (Saadat, 1999). Selanjutnya dalam metode tersebut, Untuk mencari daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) sebagai berikut :

$$P_k = \sum_{n=1}^N |V_k - V_n| Y_{kn} \cos(\theta_{kn} + \delta_n - \delta_k) \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_k = \sum_{n=1}^N |V_k - V_n| Y_{kn} \sin(\theta_{kn} + \delta_n - \delta_k) \dots\dots\dots (2)$$

Untuk penyederhanaan dapat dituliskan persamaan matriks untuk suatu sistem yang terdiri dari tiga buah bus. Jika bus-1 merupakan Swing bus, maka perhitungan dimulai pada bus-2. Berikut persamaan matriksnya :

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta P_3 \\ \Delta Q_2 \\ \Delta Q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_3|} \\ \frac{\partial P_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_3|} \\ \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_3|} \\ \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_3|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \Delta \delta_3 \\ \Delta V_2 \\ \Delta V_3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

Unsur Jacobian diperoleh dengan membuat turunan persial dari rumus untuk P_k dan Q_k dan memasukkan kedalamnya tegangan yang diperkirakan untuk iterasi pertama atau yang diperhitungkan dalam iterasi yang terdahulu dan terakhir. Untuk perhitungan pada sistem dengan jumlah bus yang lebih banyak dapat diselesaikan dengan mencari inverse dari matriks Jacobian. Nilai yang didapatkan untuk $\Delta \delta_k$ dan $\Delta |V_k|$ ditambahkan pada nilai terdahulu dari besar dan sudut tegangan untuk mendapatkan nilai baru, untuk $P_{k,calc}^{(1)}$ dan $Q_{k,calc}^{(1)}$ untuk memulai iterasi selanjutnya.

c) Kompensasi Kapasitor Shunt

Kompensasi Kapasitor Shunt berguna sebagai sumber daya reaktif tambahan untuk mengkompensasi daya induktif akibat pembebanan dengan melakukan

kompensasi daya reaktif, yang bertujuan untuk transportasi daya reaktif pada jaringan tenaga listrik dan menjaga agar profil tegangan selalu berada pada batas-batas yang diijinkan(Zuhal, 2000).Pemasangan kapasitor shunt ini diharapkan akan dapat menurunkan rugi-rugi yang berarti penghematan energi listrik.

d) Transformator Tap (Tap Changer)

Dengan menggunakan tap transformator kita dapat mengatur rasio lilitan primer dan sekunder transformator. Dengan demikian kita dapat mengatur tegangan keluaran transformator. Hal ini dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \alpha \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

Vp = Tegangan di sisi primer

Vs = Tegangan di sisi sekunder

Np = Jumlah lilitan primer

Ns = Jumlah lilitan sekunder

a = Rasio lilitan

Biasanya nilai perubahan tap transformator menggunakan ukuran persen (%), berkisaran dinilai 5%.

Langkah-langkah penelitian yang ditempuh dalam penelitian ini meliputi

1. Tahap Persiapan

Tujuan dari tahap persiapan penelitian adalah untuk mempersiapkan dan mengumpulkan informasi berupa data-data yang diperlukan untuk melakukan analisis. Data-data yang dibutuhkan dalam analisis aliran daya pada *Feeder* Lapindo adalah digram satu garis (*sigle line diagram*), data saluran, jumlah dan kapasitas transformator.

2. Tahap Perhitungan Data

Perhitungan data dilakukan dengan menggunakan bantuan software Etap 12.6 untuk mendapatkan rugi-rugi dayanya. Analisis dilakukan dengan melihat dan membandingkan nilai tegangan, daya aktif, daya reaktif serta rugi-rugi daya sebelum dan sesudah perbaikan jaringan pada masing masing busbar. Berikut akan ditampilkan flowchart untuk perhitungan rugi-rugi dayanya dengan menggunakan software Etap pada Gambar 3.

Gambar 4. Jaringan Distribusi 20 kV Feeder Lapindo

b) Kondisi Sistem Tahap Pertama

Untuk menentukan level tegangan yang diinginkan, maka pada model simulasi ini tegangan yang diinginkan (tegangan normal) adalah berkisar antara 95% hingga 100% atau 19kV-20kV. Tegangan diluar ketentuan tersebut merupakan tegangan dalam kondisi kritis yang harus diatasi agar tidak mengganggu sistem secara keseluruhan. Dari analisa aliran daya yang dilakukan, sekitar 93 bus mempunyai kondisi tegangan berkisar antara 95-97%, dimana level tegangan tersebut masih memenuhi syarat, sedangkan 64 bus mempunyai level tegangan dibawah 95% dari tegangan nominalnya.

c) Kondisi Sistem Tahap kedua

Dari analisis yang dilakukan kondisi sistem tahap pertama atau sebelum perbaikan, maka untuk mengatasi kondisi tegangan kritis pada sekitar 64 bus perluevaluasi yang harus dilakukan dengan mengganti kabel *feeder* yang telah ada dengan kabel *feeder* baru yakni kabel tipe AAAC dengan luas penampang 240 mm², lalu dilakukan perbaikan dengan memasang bank kapasitor pada sisi tegangan menengah 20 kV untuk memperbaiki tegangan, faktor daya dan mengurangi rugi-rugi daya dengan menggunakan fitur “penempatan kapasitor secara optimum” pada software Etap 12.6 diperoleh bahwa ada 3 bus prioritas yang akan dipasang bank kapasitor dengan kapasitas masing-masing seperti yang diperlihatkan Tabel dibawah ini :

Tabel 1.Lokasi penempatan dan kapasitas kapasitor

No	Kapasitas Kapasitor (kVAr)	Bus
1	1200	93
2	400	125
3	800	135

Dan perbaikan dilakukan dengan mengatur posisi tap transformator pada gardu distribusi 20kV/380V. Pengaturan posisi tap transformator dilakukan pada sisi sekunder . Dimana ukuran dari tap transformator diatur secara otomatis agar menghasilkan tegangan keluaran sebesar 100% dari tegangan nominal.Dengan adanya evaluasi pada jaringan sistem *feeder* Lapindo diharapkan dapat meningkatkan level tegangan pada 64 bus lainnya yang mengalami tegangan kritis, disamping bus-bus yang kondisi tegangannya normal.

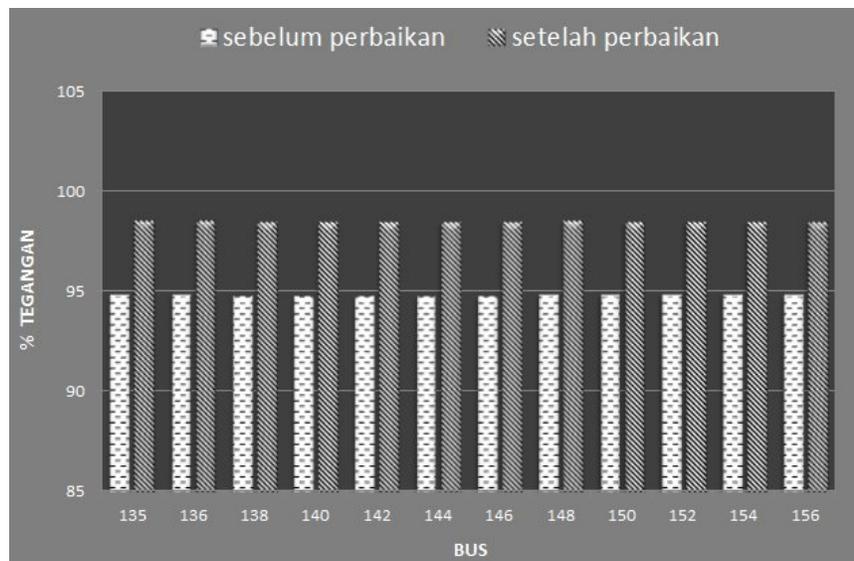
d) Perbandingan Hasil Simulasi Sebelum Dan Sesudah Perbaikan Pada Sistem

Berdasarkan perhitungan program aliran daya pada Etap 12.6 dengan metode *Newton-Raphson* dapat dilihat jumlah beban dan rugi-rugi daya pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan jumlah beban dan rugi-rugi daya sebelum dan sesudah perbaikan

Sebelum Perbaikan		Setelah perbaikan	
Load -MW	6,314	Load -MW	6,091
Load -MVA	4,041	Load -MVA	1,592
Losses -MW	0,375	Losses -MW	0,182
Losses -MVA	0,361	Losses -MVA	0,269

Dari tabel 2 dapat dilihat jumlah rugi rugi daya berkurang yaitu: Rugi - rugi daya aktif berkurang dari 0,375 MW menjadi 0,182 MW sama dengan 0,193 MW yaitu sekitar 51 %. Rugi rugi daya reaktif berkurang dari 0,361 MVA menjadi 0,269 MVA sama dengan 0,092 MVA yaitu sekitar 25,4 %. Dari simulasi aliran daya yang dilakukan dengan bantuan Etap 12.6 didapatkan persentase tegangan setiap bus meningkat. dari awalnya 64 bus mengalami penurunan tegangan dari 157 bus setelah dilakukan perbaikan, hasilnya tidak ada lagi bus yang mengalami penurunan tegangan pada batas kritikal. Terlihat bahwa tegangan darisisi tegangan menengah pada bus-bus tersebut mengalami kenaikan dari yang semula sekitar 94,81% menjadi 98,57%. Untuk hasilnya dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan persentase tegangan sebelum dan sesudah perbaikan

KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan antara lain:

1. Berdasarkan batas-batas tegangan yang diijinkan (normal), maka dari 157 bus yang pada jaringan distribusi *Feeder* Lapindo ada sekitar 64 bus (40 %) yang mempunyai level tegangan kritis (dibawah normal).
2. Setelah dilakukan perbaikan dengan pemasangan bank kapasitor, up rating penghantar dan pengaturan tap transformator maka didapatkan rugi-rugi daya berkurang yaitu rugi daya aktif menjadi 0,182 MW dan rugi daya reaktif menjadi 0,269 MVar. Begitu juga rugi tegangan yang semula sebesar 5,19% turun menjadi sebesar 1,43%.

SARAN

1. Untuk mengatasi jatuh tegangan dan rugi-rugi daya besar, maka PT.PLN (Persero) Rayon Porong Area Sidoarjo dapat melakukan perbaikan jaringan *Feeder* Lapindo dengan pemasangan bank Kapasitor, up rating penghantar dan pengaturan tap transformator sesuai dengan hasil penelitian.

Daftar pustaka

- Chang, N.E., 1968. Determination of Primary-Feeder Losses. IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS 87, 4.
- Saadat, H., 1999. Power System Analysis. McGraw-Hill Series In Electrical and Computer Engineering, New-york.
- Sampeallo, A.S., Galla, W.F., Oematan, R.A., 2013. Analisis Jatuh Tegangan Pada Penyulang 20 kV Berdasarkan pada Perubahan Beban (Studi Kasus Penyulang Penfuidan Penyulang Oebobo PT. PLN Persero Rayon Kupang). Jurnal Media Elektro 1, 8.
- SPLN 72, 1987. Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) Dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta.
- Stagg, G.W. & El-Abiad, A.H., 1968. Computer Methods in Power System Analysis. New Delhi: McGraw-Hill Kogakusha.
- Stokes, G., 2003. Handbook of Electrical Installation Practice, 4th ed. Blackwell Science, Oxford.
- Zuhail, 2000. Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya. Gramedia, Jakarta.