

## **PENYEIMBANGAN BEBAN PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI UNTUK MENEKAN RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH DI PT. PLN (PERSERO) RAYON SEDAYU**

*Ilham Fadli*

*Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Fadlygpf96@gmail.com*

Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan merupakan suatu hal yang tidak asing lagi. Ketidakseimbangan beban terjadi pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR), dan transformator. Terjadinya ketidakseimbangan beban di jaringan distribusi disebabkan oleh beban-beban satu fasa yang tidak sama satu sama lain. Adapun lokasi yang dipilih dalam lokasi penelitian tugas akhir ini adalah PT. PLN (persero) Rayon Sedayu Jl. Wates KM 11 Argorejo Sedayu Yogyakarta. Dengan adanya ketidakseimbangan beban ini mengakibatkan bocornya arus netral pada transformator. Pada prinsipnya, arus netral bernilai nol dalam keadaan seimbang. Tetapi kenyataannya, suatu sistem distribusi tegangan listrik selalu dalam keadaan beban yang tidak seimbang. Jadi dalam sistem 1 fasa sebagaimana diterapkan di Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta, arus netral mendekati nol dianggap sudah baik. Hasil dari penyeimbangan beban pada ke-6 transformator distribusi diperoleh rata-rata penekanan rugi-rugi daya pada penghantar netral adalah sebesar 242, 186 Watt. Penghematan biaya atas kerugian finansial setelah penyeimbangan beban sebesar Rp 171.409,563/bulan. Jadi tujuan dilakukannya penyeimbangan beban guna untuk mengurangi rugi-rugi daya, rugi-rugi teknik, maupun rugi-rugi non teknik.

### **I. Latar Belakang**

Kebutuhan masyarakat akan energi listrik terus meningkat seiring dengan meningkatnya gaya hidup dan peralatan yang dipakai. Kondisi ini mensyaratkan ketersediaan energi listrik yang efisien, dalam pengertian energi yang diproduksi dapat digunakan secara maksimal oleh pelanggan atau tidak mengalami kehilangan atau rugi-rugi energi pada jaringan maupun peralatan listrik. Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang dalam hal ini merupakan pemegang tunggal kebijakan pemakaian dan pemanfaatan listrik di Indonesia bertanggung jawab penuh terhadap pemenuhan kebutuhan dari masyarakat Indonesia. Sebagian besar aktivitas dari PLN ini adalah menyalurkan energi listrik dari sumber pembangkitan ke konsumen. Namun, di dalam sistem tenaga listrik itu sendiri dikenal faktor rugi rugi atau penyusutan dari energi. Penyusutan ini dapat ditemukan di berbagai tempat pada jaringan tenaga listrik, mulai dari pembangkitan, transmisi sampai dengan jaringan distribusi kepada pelanggan.

Penyusutan energi ini menyebabkan daya yang dikirimkan tidak sebesar daya yang dihasilkan apabila dikonversi menjadi satuan rupiah, maka bisa dikatakan banyak uang yang terbuang secara percuma. Rugi-rugi energi adalah kondisi atau keadaan dimana jumlah energi yang disalurkan tidak sama dengan energi yang diterima pada sisi penerimanya. Salah satu penyebab terjadinya rugi-rugi energi ini adalah karena adanya ketidakseimbangan beban pada system distribusi tenaga listrik (Ramadhianto,2008).

Ketidakseimbangan beban yang dimaksud adalah pada beban-beban satu fasa pada jaringan tegangan rendah. Akibat ketidak seimbangan beban tersebut munculah arus netral di trafo. Arus yang mengalir di netral trafo inilah yang menyebabkan rugi-rugi energi. Untuk itu diperlukan upaya untuk menyeimbangkan beban-beban yang tersambung pada trafo agar mengurangi besar arus yang mengalir pada netral trafo sehingga menurunkan nilai loses energy. Secara umum penyusutan ini

dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu susut teknis dan susut non teknis. Penyusutan teknis adalah penyusutan yang terjadi sebagai akibat adanya impedansi pada peralatan pembangkitan maupun peralatan penyaluran dalam transmisi dan distribusi sehingga terdapat energi yang hilang berupa panas. Sedangkan susut non teknis adalah penyusutan yang terjadi akibat kesalahan dalam pembacaan alat ukur, kesalahan kalibrasi alat ukur, dan kesalahan akibat pemakaian yang tidak sah (pencurian listrik) atau kesalahan-kesalahan lain yang bersifat administratif. Sebagian besar susut ini terjadi pada jaringan distribusi tegangan rendah (Ramadhianto, 2008).

## II. Tinjauan Pustaka

Distribusi merupakan segmen yang menghubungkan antara sisi transmisi dengan konsumen, biasanya dimulai dari gardu distribusi dan berakhir di konsumen. Topologi yang umum digunakan di distribusi adalah *radial*, *ring*, *mesh*, ataupun *spindle*, semakin besar suatu kota, maka akan semakin rumit jaringannya, dan semakin rumit jaringan tersebut, semakin banyak komponen sistem tenaga listrik yang bisa terhubung. Berikut adalah skema umum dari distribusi. Gardu Distribusi ini berfungsi menghubungkan jaringan tegangan menengah (JTM) dengan jaringan tegangan rendah (JTR). Kapasitas transformator yang digunakan sebagai gardu distribusi ini lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas transformator gardu induk. Gardu ini mengubah nilai tegangan sistem dari 20 kV menjadi tegangan pemakaian 220V/380V. Di Indonesia besar kapasitas yang biasa digunakan gardu distribusi adalah 400 kVA, 630 kVA, dan 1000 kVA (Nugroho 2012).

### A. Gardu Beton

Merupakan salah satu jenis gardu distribusi yang mempunyai bangunan pelindung terbuat dari beton. Gardu ini termasuk gardu jenis pasangan dalam,

karena umumnya semua peralatan penghubung, pemisah, dan transformator distribusi berada di dalam bangunan. Peralatan-peralatan tersebut dirancang dan instalasi dilokasi yang disesuaikan dengan ukuran dari gardu beton tersebut (Nugroho 2012).

### B. Gardu Besi (kios)

Menurut Nugroho (2012) gardu besi adalah gardu yang bangunan pelindungnya terbuat dari besi. Gardu ini juga termasuk gardu jenis pasangan dalam. Ukuran gardu ini lebih kecil dan biasanya para pekerja tinggal memasang fondasinya saja.

### C. Gardu Tiang

Merupakan gardu distribusi yang bangunan pelindungnya terbuat dari tiang. Biasanya transformator distribusi terletak di atas tiang. Sehubungan karena letak transformator yang berada di atas tiang, maka kapasitas transformator tersebut tidak bisa terlalu besar, karena semakin besar kapasitas maka ukuran transformator akan semakin besar juga. Umumnya transformator yang terpasang di gardu tiang memiliki kapasitas 50 kVA untuk satu fasa dan 160 kVA untuk tiga fasa (Nugroho 2012).

### D. Gardu Mobil

Gardu distribusi ini memiliki bentuk bangunan berupa mobil, sehingga bisa berpindah tempat sesuai kebutuhan. Dikarenakan mobilitas yang tinggi, gardu ini biasa digunakan untuk memenuhi kebutuhan daya yang bersifat temporer.

Secara umum ada dua jenis gardu mobil, yaitu gardu mobil pasang dalam, dengan bentuk boks besar, dimana semua instalasi gardu sudah ada di dalam boks tersebut. Kemudian ada gardu mobil jenis pasang luar, dengan bentuk berupa mobil trailer, sehingga bentuk fisiknya akan lebih panjang, dan semua perlengkapan gardu tersebut bisa terlihat dari luar. Untuk masalah kapasitas, biasanya gardu mobil

pasang luar memiliki kapasitas lebih besar (Nugroho 2012).

### III. Metodologi Penelitian

#### A. Lokasi Penelitian

Adapun lokasi lokasi yang dipilih sebagai tempat pelaksanaan penelitian tugas akhir ini adalah PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu Jl. Wates KM 11 Argorejo Sedayu Yogyakarta.

#### B. Waktu Penelitian

Adapun waktu penelitian untuk tugas akhir ini terhitung mulai 1 Mei 2019 sampai 1 juli 2019.

#### C. Alat dan Bahan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan beberapa alat dan bahn antara lain :

1. Alat ukur, Tang Ampere/Multitester
2. *Safety Helm*
3. *Safety Shoes*
4. Sabuk Pengaman
5. Lampu Senter
6. Satu unit laptop Acer Apire E14 Intel Core i5 NVIDIA GEFORCE

### IV. Hasil Penelitian dan Analisis

#### A. Jaringan distribusi PLN (Persero) Rayon Sedayu

Jaringan distribusi PLN (Persero) Rayon Sedayu disulang oleh 9 feeder yang berasal tiga Gardu Induk, yaitu Gardu Induk Bantul, Gardu Induk Godean dan Gardu Induk Wirobrajan. Gardu induk Bantul memiliki tiga transformator tenaga dengan kapasitas daya ketiganya dengan 60 MVA dan Gardu induk Godean memiliki dua buat transformator tenaga dengan kapasitas daya masing-masing 30 MVA dan 60 MVA serta Gardu induk Wirobrajan memiliki dua buah transformator tenaga dengan kapasitas keduanya 60 MVA.

Berdasarkan data rekapitulasi formulir 12 C edaran 060/PST/1976 tanggal 1 Desember 1976 Triwulan Febuari 2019 PT.

PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah & Yogyakarta, panjang jaringan tegangan rendah SUTR pada area yang dilayani di Rayon Sedayu adalah sebagai berikut :

- a. Godean 1 : Panjang jaringan 71,26 kms
- b. Godean 2 : Panjang jaringan 167,43 kms
- c. Godean 3 : Panjang jaringan 56,12 kms
- d. Godean 4 : Panjang jaringan 197,28 kms
- e. Godean 5 : Panjang jaringan 27,67 kms
- f. Godean 6 : Panjang jaringan 18,13 kms
- g. Bantul 1 : Panjang jaringan 5,22 kms
- h. Bantul 8 : Panjang jaringan 106,69 kms
- i. Wirobrajan 6 : Panjang jaringan 31,60 kms

Sebagai contoh, pada penghantar  $X_1$  besar arusnya lebih besar dari pada di penghantar  $X_2$  maka harus dilakukan pemindahan beberapa beban rumah dari penghantar  $X_1$  ke penghantar. Besar beban yang harus dipindahkan adalah selisih arus di penghantar  $X_1$  dan  $X_2$  dibagi dengan dua atau besar arus netral dibagi dua, sehingga arus pada pengantar  $X_1$  dan  $X_2$  akan mendekati seimbang dan arus pada penghantar netral mendekati nol.

| Sebelum Penyeimbangan Beban |               | Sesudah Penyeimbangan Beban |               |
|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| Arus $X_1$                  | : 64 Ampere   | Arus $X_1$                  | : 52 Ampere   |
| Arus $X_2$                  | : 39,2 Ampere | Arus $X_2$                  | : 51,6 Ampere |
| Arus Netral                 | : 20,7 Ampere | Arus Netral                 | : 16,6 Ampere |
| Tegangan $X_1 - 0$          | : 220 Volt    | Tegangan $X_1 - 0$          | : 214 Volt    |
| Tegangan $X_2 - 0$          | : 216 Volt    | Tegangan $X_2 - 0$          | : 211 Volt    |

Sebelum penyeimbangan beban, selisih arus di  $X_1$  dan  $X_2$  yg merupakan arus netral adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 I_N &= 64 - 39,2 \\
 &= 24,8
 \end{aligned}$$

$$= 24,8 : 2$$

$$= 12,4 \text{ Ampere}$$

Setelah dilakukan perhitungan Ampere pada beban selama 24 jam menggunakan alat *power logger* dan di dapat sebelum di seimbangkan arus  $X_1$  64 ampere dan  $X_2$  39,2 ampere dan arus netral 20,7 ampere kemudian setelah dilakukannya penyeimbangan menjadi arus  $X_1$  52 ampere dan  $X_2$  51,6 ampere dan arus netral 16,6 ampere. Jadi beban yang perlu diseimbangkan adalah sebesar  $24,8 : 2 = 12,4$  Ampere. Karena beban di  $X_1$  lebih besar dibandingkan beban di  $X_2$ , maka sekitar 12,4 ampere beban di  $X_1$  harus dipindahkan ke  $X_2$  agar mencapai keseimbangan. Tetapi di lapangan hanya beban 4 ampere yang dapat dieksekusi untuk dipindahkan.

$$\Delta P = I_N^2 R_N$$

$$= (16,6)^2 \times 0,122571$$

$$= 33,776 \text{ Watt}$$

## V. Kesimpulan dan Saran

### A. Kesimpulan

Setelah memahami dan mempelajari arus pada 6 buah transformator satu fasa sebelum dan sesudah penyeimbangan beban penulis dapat menarik beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Pemerataan/penyeimbangan beban dilakukan dengan memindahkan sambungan rumah pelanggan dari jaringan yang berat ke jaringan lebih ringan.
2. Penyeimbangan beban dilakukan guna untuk mengurangi rugi-rugi daya, rugi-rugi teknik, maupun rugi-rugi non teknik.

3. Pada keadaan sebelum dilakukan penyeimbangan beban pada 6 transformator ini terjadi susut energi/rugi-rugi daya sebesar 376,187 kWh perbulan. Sesudah dilakukan penyeimbangan beban, rugi-rugi daya menurun sebesar menjadi 174,373 kWh/bulan.
4. Setelah di hitung kerugian finansial sebelum dilakukan penyeimbangan selama sebulan yaitu sebesar Rp 62.903,972/bulan dan kerugian finansial sesudah dilakukan penyeimbangan selama sebulan yaitu sebesar Rp 171.409,563/bulan

## VI. Daftar Pustaka

- Kadir, Abdul. 1997. *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta : LP3ES.
- Nugroho Prianto, Pandu. 2012. "*Studi Susut Energi pada Jaringan Tegangan Rendah Wilayah PLN APJ Cempaka Putih dengan Objek Pelanggan Residensial*" [Tugas Akhir]. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.
- PT. PLN (Persero) Pendidikan dan Pelatihan. 2010. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Semarang.
- Ramadhianto, Danang. 2008. "*Studi susut energi pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik Melalui Analisis*

- Pengukuran dan Perhitungan*”[Tugas Akhir]. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.
- Syahputra, R., (2016), “*Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Setiadji, 2006. “*Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi*”. Jurnal Teknik Elektro, Volume 6, No. 1.
- Susongko, 2016. *Analisis Ketidakseimbangan Beban pada Jaringan Distribusi Sekunder Gardu Distribusi DS 0587 di PT.PLN (Persero) Distribusi Bali Rayon Denpasar*” E-Journal SPEKTRUM Vol. 3, No. 2
- Syahputra, Ramadoni. (2014). “ *Estimasi Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Saluran Tenaga Listrik*”. Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Vol 17, No. 2.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). *Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm*. International Review of Electrical Engineering (IREE), 10(2). pp. 293-304
- Stevenson, William. 1984. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- Zuhal. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung : Skripsi ITB.
- Tri Watingningsih. 2012, Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi. Jurnal Institusi Teknologi dan Seni Volume 10 No: 2.
- Ulah Sakti, Prasetya, 2008. “*Laporan Telaah Staf Evaluasi Pemerataan Beban Untuk Menekan Losses Jaringan Tegangan Rendah di Gardu E311P dan Gardu PM213*”, Jakarta: PT. PLN (Persero) Distribusi Jakarta Raya dan Tangerang Area Jaringan Kramatjati