

**PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP
PEMBEBANAN DAN EFISIENSI TRANSFORMATOR
PADA GARDU DISTRIBUSI PT. PLN (Persero) ULP SUNGGUMINASA**

Ariyen Duri¹, Riana T. Mangesa², Udin Sidin Sidik³

Mahasiswa Prodi JPTE-FT UNM¹, Dosen Prodi JPTE-FT UNM^{2,3}

ariyen_duri@yahoo.co.id

Penelitian bertujuan untuk mengetahui seberapa besar ketidakseimbangan beban, pembebanan dan efisiensi transformator pada jaringan distribusi di PT PLN (Persero) ULP Sungguminasa, serta untuk mengetahui pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap pembebanan transformator dan efisiensi transformator. Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dianalisis dengan analisis deskriptif dan asosiatif. Data penelitian diperoleh dengan teknik dokumentasi dan studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 47 unit transformator yang mengalami ketidakseimbangan beban yang melebihi batas maksimum dari 25%, terdapat 5 unit transformator yang melebihi batas maksimum dari 80% persentase pembebanan transformator, dan efisiensi transformator yang terendah adalah 93.31% dan yang terendah adalah 99.993% dimana diketahui bahwa efisiensi akan semakin besar apabila daya masuk dan daya keluar tidak mempunyai selisih yang besar. Untuk analisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap pembebanan transformator dan efisiensi transformator diketahui bahwa semakin besar persentase ketidakseimbangan beban maka semakin kecil persentase pembebanan transformator dan semakin besar persentase ketidakseimbangan beban maka semakin kecil efisiensi transformator.

Kata Kunci: Efisiensi, Ketidakseimbangan, Pembebanan, Transformator.

PENDAHULUAN

Peningkatan pemanfaatan daya listrik semakin mengalami pertambahan kebutuhan sesuai kemajuan teknologi, yang terlihat dari kegiatan industri, perkantoran, bahkan pada pemanfaatan energi konsumen rumah tangga. Semua peralatan yang digunakan serba canggih dan membutuhkan daya listrik agar dapat bekerja secara optimal.

Peningkatan pertumbuhan ekonomi dan laju pembangunan yang semakin pesat di daerah Sungguminasa yang membutuhkan daya listrik yang besar, berkelanjutan, dan harus selalu dijaga agar dapat memenuhi kebutuhan konsumsi energi listrik pelanggan. Untuk mencapai hal tersebut maka diperlukan suatu sistem tenaga listrik yang handal. Namun, seiring dengan pertambahan kebutuhan pelanggan, mengakibatkan pelaksanaan pendistribusian sistem tenaga listrik tidak lepas dari berbagai macam gangguan yang menyebabkan menurunnya ketidakseimbangan beban listrik.

Pemakaian beban listrik yang tidak seimbang dengan besar langganan daya dapat menyebabkan rendahnya efisiensi trafo yang berarti besarnya *losses* (rugi-rugi) dapat menyebabkan kerugian di sisi *power provider* dalam hal ini PT. PLN (Persero) dan konsumen terutama bagi pelanggan Tegangan Menengah. Rendahnya efisiensi trafo dapat disebabkan oleh rendahnya faktor daya, serta rendahnya pembebanan akibat pemakaian beban non linier [1].

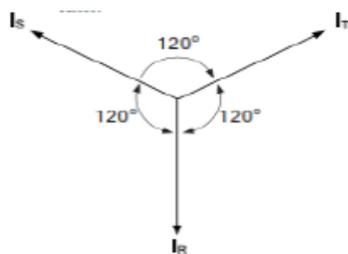
Pembagian beban listrik tiap fasa awalnya merata, tetapi karena terjadi pertumbuhan jumlah pelanggan konsumen yang tidak sama disetiap fasanya, sehingga pada sistem jaringan distribusi di Sungguminasa sering mengalami gangguan yang sering mengakibatkan sistem pendistribusian daya listrik dari gardu distribusi ke konsumen menjadi tidak stabil (hasil pengamatan pada kerja praktek, 2019).

KAJIAN TEORI

Pendistribusian listrik kepada konsumen diupayakan untuk setiap fasa agar arus yang mengalir seimbang pada setiap salurannya. Pembagian arus yang awalnya dilakukan secara merata pada setiap fasanya, tetapi karena penggunaan beban-beban listrik yang tidak serempak atau merata sehingga menimbulkan ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa (fasa R, fasa S, dan fasa T), inilah yang menyebabkan mengalirnya arus dinetralnya transformator [2].

Keadaan seimbang adalah suatu keadaan dimana:

- 1) Ketiga vektor arus/tegangan sama besar
- 2) Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satu sama lain



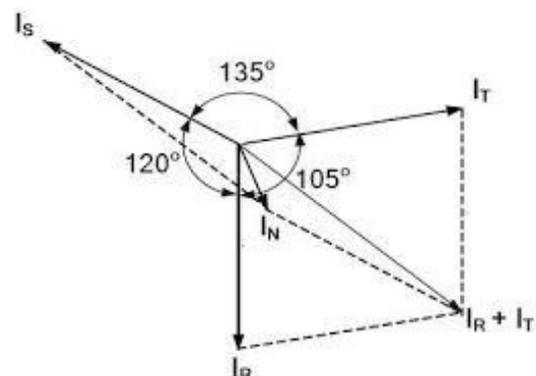
Gambar. Vektor Diagram Arus
Seimbang

Gambar menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan

seimbang terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R , I_S , I_T) adalah sama dengan nol sehingga tidak muncul arus netral (I_N). Hal ini menunjukkan hukum kirchoff yaitu jumlah arus yang mengalir disemua sisi adalah nol [3].

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan di mana salah satu atau kedua syarat pada keadaan seimbang tidak terpenuhi, yaitu:

1. Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.
2. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain.
3. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.



Gambar 2.11. Vektor Diagram Arus
Tidak Seimbang

a. Penyaluran Daya dalam Keadaan Seimbang

Misalnya daya sebesar P disalurkan melalui suatu saluran dengan penghantar netral. Daya yang sampai ujung terima akan lebih kecil dari P karena terjadi penyusutan dalam saluran. Apabila pada penyaluran daya ini arus-arus fasa dalam keadaan seimbang, maka besarnya daya:

$$P = 3 \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \theta \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

P = daya pada ujung kirim

I = arus kirim

V = tegangan pada ujung kirim

cos = faktor daya

b. Penyaluran Daya dalam Keadaan Tidak Seimbang

Jika (I) adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi dengan keadaan tak seimbang besarnya arus-arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a, b dan c sebagai berikut:

$$\begin{aligned} (I_R) &= a (I) \\ (I_S) &= b (I) \\ (I_T) &= c (I) \dots \dots \dots (2.5) \end{aligned}$$

Arus pada I_R, I_S, I_T berturut-turut adalah arus di fasa R, S dan T. Di mana pada keadaan seimbang, nilai $a = b = c = 1$, maka untuk mencari % (persentase) ketidakseimbangan digunakan persamaan:

$$\% = \frac{[|a-1| + |b-1| + |c-1|]}{3} \times 100\% \dots (2.6.)$$

c. Rugi-rugi Arus Netral

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengakibatkan mengalirnya arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan losses (rugi-rugi).

Rugi-rugi pada penghantar netral transformator dirumuskan:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

P_N = rugi netral (watt)

I_N = arus netral trafo (A)

R_N = tahanan netral (ohm)

d. Efisiensi Transformator

Setiap mesin atau peralatan listrik, efisiensi ditentukan oleh besarnya rugi-rugi yang selama operasi normal. Efisiensi dari mesin-

mesin berputar/bergerak umumnya antara 50-60% karena ada rugi gesek dan angin. Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya output dengan daya input. Secara matematis ditulis:

$$\eta = \frac{P_{Output}}{P_{Input}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.8.)$$

Keterangan:

η = efisiensi

P_{out} = daya keluar (watt)

P_{in} = daya masuk (watt)

METODE PENELITIAN

Berdasarkan permasalahan yang telah ditetapkan, maka jenis penelitian ini adalah penelitian asosiatif, dengan menggunakan pendekatan kuantitatif yang menekankan pada hasil pengukuran yang akan diolah dengan menggunakan metoda statistika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan data pada penyulang Barombong di PT. PLN (Persero) ULP Sungguminasa diketahui sebagai berikut:

1. Transformator untuk kapasitas 50 KVA dari 7 unit transformator ada 4 unit transformator yang

melebihi batas maksimum dari 25%.

2. Transformator untuk kapasitas 100 KVA dari 42 unit transformator ada 21 unit transformator yang melebihi batas maksimum dari 25%.
3. Transformator untuk kapasitas 160 KVA dari 33 unit transformator ada 7 unit transformator yang melebihi batas maksimum dari 25%.
4. Transformator untuk kapasitas 200 KVA dari 10 unit transformator hanya ada 1 unit transformator yang melebihi batas maksimum dari 25%.
5. Transformator untuk kapasitas 250 KVA dari 4 unit transformator hanya ada 1 unit transformator yang melebihi batas maksimum dari 25%.
6. Transformator untuk kapasitas 400 KVA terdiri dari 1 unit transformator dan tidak melewati batas maksimum dari 25%.

Pemilihan kapasitas KVA transformator distribusi didasarkan pada beban yang akan dilayani. Beban lebih pada transformator

distribusi adalah beban yang melebihi batas kapasitas daya transformator atau beban yang dilayani lebih besar dari 100% kemampuan transformator. Diusahakan presentasi pembebanan transformator distribusi dan batas yang diizinkan SPLN adalah sebesar 80%. Diantara 97 unit transformator pada penyulang Barombong terdapat 5 unit transformator yang melebihi batas maksimum dari 80%.

Sebuah transformator yang ideal akan memiliki efisiensi sebesar 100 %. Ini berarti bahwa semua daya yang diberikan pada kumparan primer dipindahkan ke kumparan sekunder tanpa adanya kerugian. Sebuah transformator yang real memiliki efisiensi di bawah 100%. Untuk transformator yang bekerja pada tegangan dan frekuensi yang konstan, efisiensinya dapat mencapai 98%.

Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan program *Smart PLS 3* menunjukkan bahwa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap pembebanan transformator dan efisiensi transformator ditunjukkan pada pengujian inner model

diperoleh nilai-t sebesar 17.254 pada pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap pembebanan transformator, nilai t sebesar 7.833 pada pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap efisiensi transformator, dan nilai t sebesar 0.572 pada pengaruh pembebanan transformator terhadap efisiensi transformator. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase ketidakseimbangan beban maka semakin kecil persentase pembebanan transformator dan semakin besar persentase ketidakseimbangan beban maka semakin kecil efisiensi transformator.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Diantara 97 unit transformator pada penyulang Barombong terdapat 47 unit transformator yang mengalami ketidakseimbangan beban yang melebihi batas maksimum dari 25%.
2. Diantara 97 unit transformator pada penyulang Barombong

terdapat 5 unit transformator yang melebihi batas maksimum dari 80% persentase pembebanan transformator.

3. Diantara 97 unit transformator pada penyulang Barombong efisiensi transformator yang terendah adalah 93.31% dan yang terendah adalah 99.993%. Dimana diketahui bahwa efisiensi akan semakin besar apabila daya masuk dan daya keluar tidak mempunyai selisih yang besar.
4. Hasil pengujian inner model diperoleh nilai-t sebesar 17.254 pada pembebanan transformator dan 7.833 pada efisiensi transformator. Ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase ketidakseimbangan beban maka semakin kecil persentase pembebanan transformator dan semakin besar persentase ketidakseimbangan beban maka semakin kecil efisiensi transformator.

DAFTAR PUSTAKA

Effendi, Asnal. dkk. 2017. *Evaluasi Daya Pemakaian Sendiri Pada PLTU Ombilin Dengan Modifikasi LineKelistrikan*

Unit Untuk Mengantisipasi Gangguan (Maintenance Station Service Transformer). Padang: Jurnal Teknik Elektro Vol 6, No. 1.

Ermawanto. 2011. *Analisa Berlangganan Listrik Antara Tegangan Menengah (TM) dengan Tegangan Rendah (TR) Dan Analisa Efisiensi Trafo dalam Rangka Konservasi Energi Kampus UNDIP Tembalang*. Semarang: Makalah Seminar Tugas Akhir.

Hidayat, Syarif. dkk. 2018. *Penyeimbangan Beban Pada Jaringan Tegangan Rendah Gardu Distribusi CD 33 Penyulang Sawah di PT PLN (Persero) Area Bintaro*. Jakarta: Jurnal Sutet Vol. 8 No.1 Januari-Juni 2018.

Inavah, Lutfiah Mamluatul. 2018. *Simulasi dan Optimalisasi Penyesuaian Beban pada Transformator Gardu Induk dengan Software ETAP 12.6*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.

Julianto, Edy. 2016. *Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV PT PLN (Persero) Cabang Pontianak*. Pontianak: Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura Vol 2, No.1 (2016).

Kadir, Abdul. 2011. *Transmisi Tenaga Listrik Edisi Revisi*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.

- Kawihing, Aprilian P. dkk. 2013. *Pemerataan Beban Transformator Pada Saluran Distribusi Sekunder*. Manado: e-journal Teknik Elektro dan Komputer.
- Mahardhika, Dimas. dkk. 2010. *Pengembangan Trafo Distribusi Berdasarkan Pertumbuhan Beban Tahun 2012-2016 di UPJ Batang*. Semarang: Jurnal Universitas Diponegoro.
- Mertasana, Putu Arya. 2016. *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Arus Netral dan Losses pada Transformator Distribusi KA 0562 pada Penyulang Uma Alas Mengwi Badung*. Bali: Universitas Udayana.
- Nigara, Gustian Adib. 2015. *Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik Pada Bagian Texturizing Di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal Menggunakan Software Etap Power Station 4.0*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Pratama, Putra Rizki dkk. 2019. *Analisis Pengaman Transformator Distribusi 400 kVA dengan Fuse Cut Out*. Medan: Buletin Utama Teknik Vol. 15, No. 1, September 2019.
- Rifqi, Muhammad. Karnoto. 2010. *Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV*. Semarang; Universitas Diponegoro.
- Setiadji, Julius Sentosa. 2006. *Pengaruh KetidakseimbanganBeban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi*. Surabaya: Jurnal Teknik Elektro Vol. 6, No. 1, Maret 2006: 68 – 73.
- Setiono, Iman dkk. 2016. *Sistem Pengamanan Penyaluran Energi Listrik Satu Fasa Tegangan Rendah dengan Menggunakan Fuse Cut Out*. Semarang: Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu & Call For Papers Unisbank.
- Sipayung, Junaidy. dkk. 2013. *Minimisasi Arus Netral Dengan Menggunakan Autotrafo Zig-Zag Pada Sistem Distribusi Tiga Fasa Empat Kawat*. Medan: Jurnal Singuda Ensikom Vol 4 No.3/Desember 2013.
- Siregar, Muhammad Arifin. 2013. *Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi di PT. PLN (Persero) Rayon Panam Pekanbaru*. Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Syufrijal. Monantun, Readysal. 2014. *Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Semester 1*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Dasar Menengah dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Yondri, Surfa. dkk. 2013. *Pengaruh Penyeimbangan Beban Trafo Distribusi Terhadap Arus Netral*. Padang: Jurnal Elektron Vol 5 No. 1, Edisi Juni 2013