

Analisis Ketidakseimbangan Beban Akibat Penghantar Netral Jaringan Distribusi Skunder

Anugrah Prasdika Siregar , Amani Darma Tarigan, Zulkarnain Lubis

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan
Jl. Gatot Subroto No.km, Simpang Tj., Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara 20122, Indonesia
email: anugrahsiregar04@gmail.com

Abstrak – Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban konsumen. Pada sistem distribusi sekunder, bentuk saluran yang paling banyak digunakan adalah sistem radial. Sistem ini menggunakan konduktor tanpa insulasi. Karena beban disuplai melalui sistem satu fasa, maka ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi. Pada akhirnya hal ini akan menyebabkan arus mengalir pada bagian netral transformator, sehingga mengakibatkan rugi-rugi pada penghantar netral. Jika arus netral (arus bocor) yang mengalir pada penghantar netral terlalu besar, maka rugi-rugi daya yang diakibatkannya akan semakin besar. Seharusnya, jika sistem benar-benar seimbang, maka rugi-rugi daya hanya terjadi pada saluran R, S, dan T. Setelah dilakukan analisa didapatkan apabila terjadi ketidakseimbangan beban sebesar -0.66% maka arus netral yang muncul sebesar 20,42, dan rugi-rugi akibat arus netral yang mengalir ke tanah sebesar 1,27%.

Kata Kunci – Ketidakseimbangan Beban, Arus Netral, Jaringan Distribusi

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan laju pertumbuhan pembangunan, diperlukan sarana dan prasarana yang mendukungnya, seperti ketersediaan listrik. Saat ini tenaga listrik merupakan kebutuhan utama, baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. Hal ini dikarenakan tenaga listrik mudah diangkut dan diubah menjadi bentuk energi lain. Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan berkesinambungan merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik. Dalam pemenuhan kebutuhan tenaga listrik terdapat distribusi beban-beban yang pada mulanya merata namun karena adanya asimetri dalam penyalan beban-beban tersebut maka menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berdampak pada penyediaan tenaga listrik. Ketidakseimbangan beban antar fasa (fasa R, fasa S, dan fasa T) inilah yang menyebabkan arus mengalir pada netral trafo.

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

A. Transformator

Trafo adalah suatu perangkat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat lainnya melalui kopling magnet dan didasarkan pada prinsip induksi elektromagnetik. Trafo terdiri dari sebuah inti yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder.

Penggunaan trafo yang sederhana dan andal memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk setiap kebutuhan dan merupakan salah satu alasan penting mengapa arus bolak-balik begitu banyak digunakan untuk pembangkitan dan distribusi tenaga listrik. Prinsip kerja trafo berdasarkan hukum Ampere dan hukum Faraday yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika arus bolak-balik dialirkan ke salah satu kumparan pada transformator, jumlah garis gaya magnet berubah. Akibatnya terjadi induksi pada sisi primer. Sisi sekunder menerima garis-garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya juga bervariasi. Jadi pada sisi sekunder juga terjadi induksi, akibatnya terjadi perbedaan tegangan antara kedua ujungnya.

B. Beban Penuh Pada Transformator

Daya transformator tiga fasa jika dilihat dari sisi tegangan tinggi (primer) dan tegangan rendah (sekunder) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3}.V.I$$

Keterangan:

S : Daya transformator (kVA)

V : Tegangan sisi primer transformator (kV)

I : Arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (full load) dapat menggunakan rumus:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}.V}$$

Dimana:

IFL : Arus beban penuh (A)

S : Daya transformator (kVA)

V : Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

Rugi-rugi daya akibat arus netral pada penghantar netral transformator. Akibat ketidakseimbangan beban antar fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) arus mengalir pada netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral transformator menyebabkan rugi-rugi daya. Rugi-rugi daya pada penghantar netral transformator ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_N = I_N^2 . R_N$$

Dimana :

P_N :Rugi-rugi daya pada penghantar netral transformator (watt)

I_N :Arus yang mengalir pada netral transformator (A)

R_N :Tahanan penghantar netral transformator (Ω)

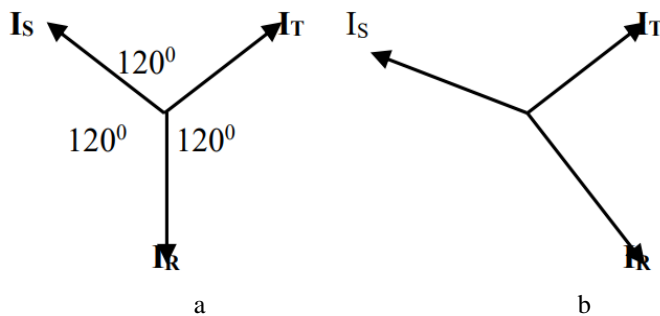
C. Ketidakseimbangan Beban

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan di mana

- Ketiga vektor arus / tegangan sama besar.
- Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satu sama lain.

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan di mana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada 3 yaitu:

- Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.
- Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain.
- Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain



Gambar 1 Vektor Diagram Arus

Pada gambar 1(a) menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R, I_S, I_T) adalah sama dengan nol sehingga tidak muncul arus netral (I_N). Sedangkan pada Gambar 1(b) menunjukkan vektor diagram arus yang tidak seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R, I_S, I_T) tidak sama dengan nol sehingga muncul sebuah besaran yaitu arus netral (I_N) yang besarnya bergantung dari seberapa besar faktor ketidakseimbangannya.

D. Penyaluran Dan Susut Daya

Misalnya daya sebesar P disalurkan melalui suatu saluran dengan penghantar netral. Apabila pada penyaluran daya ini arus-arus fasa dalam keadaan seimbang, maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P = 3 \cdot |V| \cdot |I| \cdot \cos \phi$$

Dimana:

- P :Daya pada ujung kirim
V :Tegangan pada ujung kirim
 $\cos \phi$:Faktor daya

Daya yang sampai ujung terima akan lebih kecil dari P karena terjadi penyusutan dalam saluran. Jika $[I]$ adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi dengan keadaan tidak seimbang besarnya arus-arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a, b dan c sebagai berikut:

$$[I_R] = a[I]$$

$$[I_S] = b[I]$$

$$[I_T] = c[I]$$

Dengan I_R, I_S dan I_T berturut-turut adalah arus di fasa R, S dan T. Bila faktor daya di ketiga fasa dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda, besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai:

$$P = (a + b + c) \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \phi$$

Apabila Persamaan diatas menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari kedua persamaan itu dapat diperoleh persyaratan untuk koefisien a, b, dan c yaitu: $a + b + c = 3$. Di mana pada keadaan seimbang: nilai $a = b = c = 1$

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Data-data dari transdormator distribusi adalah sebagai berikut:

Kode Transformator	: SM-25kVA-0.69/0.4kV
Lokasi	: Aceh Singkil
Tipe	: Outdoor
Nilai Daya	: 25 kVA
Tegangan Kerja	: 20/400 V
Hubungan	: Dyn11
Impedansi	: 4%
Fase	: 3 fasa



Gambar 2 Transformator Distribusi SM-25kVA-0.69/0.4kV

$$= 267,54 \text{ Watt/km} \approx 0,27 \text{ kW/km}$$

Untuk kawat 70 mm² (R = 0,443 Ω/km)

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N = (20,42)^2 \cdot 0,443$$

$$P_N = 184,90 \text{ Watt/km} \approx 0,18 \text{ kW/km}$$

Dimana daya aktif trafo (P)

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

Di mana $\cos \varphi$ yang digunakan adalah 0,85 $P = 25 \times 0,85 = 21,25 \text{ kW}$ Sehingga, persentase rugi-rugi akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator adalah

$$\% P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\%$$

$$\% P_N = \frac{0,27}{21,25} \times 100\% = 1,27\%$$

Tabel 2 Rugi-rugi daya pada penghantar netral

R_N (Ω)	Ketidak seimbangan Beban (%)	I_N (A)	P_N (kW)	P_N (%)
0,641 (50 mm ²)	-0,66	20,42	0,27	1,27
0,443 (70 mm ²)	-0,66	20,42	0,18	0,85

Pada Tabel diatas terlihat bahwa bila ukuran kawat penghantar netral dibuat sama dengan kawat penghantar fasanya (70 mm²) maka rugi-rugi arus netralnya akan turun.

IV.KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisa yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

- Terjadinya ketidakseimbangan beban pada transformator tiang, karena penggunaan beban listrik tidak merata
- Pada gardu distribusi, persentase pembebanan transformator yang mengacu pada data pengukuran sebesar 79,43%
- Dengan penggunaan beban tidak merata mengakibatkan arus netral, sehingga timbul rugi-rugi daya pada penghantar netral.
- Rugi-rugi daya pada penghantar netral saluran distribusi sekunder yang terjadi akibat arus netral pada transformator distribusi sebesar 270 watt

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Kadir, Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik, UI - Press, 2000, Jakarta
- [2] Abdul Kadir, 1989, Transformator, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta
- [3] Ahmad Deni Mulyadi, 2011, Pengaruh Ketidakseimbangan beban Terhadap Arus Netral dan Losess Pada Trafo Distribusi, Metrik Polban

- [4] Badan Standarisasi Nasional, 2000, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000), Jakarta. Daman Suswanto, 2009, Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Universitas Negeri Padang, (online)
- [5] James J.Burke, Power Distribution Engineering – Fundamentals And Applications, New York : Marcel Dekker Inc., 1994
- [6] Sudaryatno Sudirham, 1991, Pengaruh Ketidakseimbangan Arus Terhadap Susut Daya pada Saluran, Tim Pelaksana Kerjasama PLN - ITB, Bandung
- [7] Sulasno, 1991, Teknik Tenaga Listrik, Satya Wacana, Semarang.
- [8] Zuhail, 1991, Dasar Tenaga Listrik, ITB. Bandung
- [9] Zulfadli Pelawi, 2018 Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Penghantar Netral Jaringan Distribusi Sekunder Akibat Ketidakseimbangan Beban ISSN : 2598–3814 (Online), ISSN : 1410–4520 (Cetak)