

PENGARUH HARMONISA PADA GARDU TRAFU TIANG DAYA 200 KVA DI PT PLN (Persero) APJ SURABAYA UTARA

Titiek Suheta

Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
sondysuheta@yahoo.com

Subuh Isnur Haryudo

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
haryudosubuh@gmail.com

Abstrak

Penyaluran energi listrik ke konsumen tidak terlepas dari penggunaan saluran transmisi dan distribusi dimana transformator distribusi menjadi salah satu komponen utama sebagai alat penurun tegangan. Dalam penggunaannya dengan beragamnya beban yang diberikan akan mempengaruhi kinerja dari transformator tersebut, hal ini dikarenakan adanya ketidakseimbangan beban yang akan mengakibatkan harmonisa. Akibat Harmonisa yang terjadi pada gardu tiang trafo daya 200 KVA akan mengakibatkan penurunan tegangan sebesar 9,57%, Arus hubung singkat 950.99 Ampere, Arus beban penuh 23774.925 Amper dan besarnya THD arus melebihi standar sebesar 8% sedangkan THD tegangan tidak melebihi standar.

Kata kunci : Gardu Trafo Tiang 200 kVA, THD Arus dan Tegangan

Abstrac

Distribution of electrical energy to the consumer is inseparable from the use of transmission and distribution lines where distribution transformers to be one of the main components as a means of lowering the voltage. In use with a variety of a given load will affect the performance of the transformer, this is due to load imbalance that would result in harmonics. Harmonics that occur due to the substation pole 200 KVA power transformer will result in a voltage drop of 9.57%, a short circuit current 950.99 Ampere, 23774,925 Amper full load current and current THD exceeds the standard size of 8% while the THD voltage does not exceed the standard.

Keywords: Column 200 kVA substation transformers, voltage and current THD

Pendahuluan

Saat ini tenaga listrik merupakan kebutuhan yang utama, baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik. Namun penggunaan beban non linier dapat menimbulkan harmonisa pada sistem distribusi tenaga listrik (Tribuana, 1999). Tingginya tingkat kandungan harmonisa yang terdapat pada sistem distribusi tenaga listrik, dapat menyebabkan kualitas daya menjadi lebih buruk, karena faktor daya sistem menjadi lebih rendah.

Adanya harmonisa ini menyebabkan gelombang arus dan tegangan menjadi cacat dan tidak sinusoidal lagi (Julius dkk, 2007). Harmonisa yang mengalir pada sistem tenaga dapat menyebabkan meningkatnya rugi-rugi daya (I^2R), pemanasan berlebih pada peralatan, rendahnya efisiensi, dan untuk beberapa peralatan tertentu yang sensitif terhadap distorsi harmonik kinerjanya akan menurun. Gangguan yang terjadi pada trafo tiang daya yang disebabkan oleh

adanya distorsi gelombang arus dan tegangan akan menimbulkan harmonisa. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini muncul akibat adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya.

Pengaruh harmonisa tersebut secara teknis maupun ekonomis sangat merugikan sistem tenaga listrik. Untuk itu perlu kajian tentang bagaimana tingkat harmonisa pada trafo tiang pada pembebanan trafo 200 kVA di PT PLN (Persero) APJ SURABAYA UTARA. Lokasi penelitian dilakukan di trafo tiang yang berada di :

1. Jalan Kali Kepiting 175
2. Jalan Dharma Husada Indah I
3. Jalan Dharma Husada Indah Utara IV
4. Jalan Mulyosari Timur 50
5. Jalan Kedung Cowek 177A

Teori Transformator

Menurut Sumanto (1991) dan Zuhail (1995) Transformator merupakan suatu alat listrik yang

mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi-elektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder.

Penggunaan transformator yang sederhana dan handal memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan serta merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik.

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum Ampere dan hukum Faraday, yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu kumparan pada transformator diberi arus bolak-balik maka jumlah garis gaya magnet berubah-ubah. Akibatnya pada sisi primer terjadi induksi. Sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula. Maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan.

Perhitungan Arus Beban Penuh dan Arus Hubung Singkat

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut (Julius dkk, 2006):

$$S = \sqrt{3}.V.I \tag{1}$$

dimana:

- S = daya transformator (kVA)
- V = tegangan sisi primer transformator (kV)
- I = arus jala-jala (A)

Arus beban penuh pada transformator (*full load*) :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}.V} \tag{2}$$

dimana :

- I_{FL} : Arus Beban Penuh (A)

S : Daya Transformator (VA)

V : Tegangan Fasa-fasa pada sisi Tegangan Rendah (Volt)

Menurut Sumanto (1991) Arus hubung singkat pada transformator :

$$I_{sc} = \frac{kVA_T . 100}{\%Z . \sqrt{3} . kV} \tag{3}$$

dimana :

- I_{sc} : Arus Hubung Singkat
- kVA_T : Daya Transformator (kVA)
- $\% Z$: Persentase Impedansi
- kV : Tegangan Fasa-fasa pada sisi Tegangan rendah (kV)

Perhitungan *Load Loss* (P_{LL}) Trafo dalam pu :

$$P_{LL} = \sum I_h^2 + (\sum I_h^2 \times h^2) P_{EC-R} \text{ (p.u)} \tag{4}$$

dimana :

- P_{LL} : Perhitungan Load Loss
- P_{EC-R} : faktor *eddy current loss*
- h : angka harmonisa
- I_h : arus harmonisa

$\sum I_h^2$ merupakan komponen rugi I^2R dalam p.u, sedangkan $(\sum I_h^2 \times h^2) P_{EC-R}$ merupakan komponen rugi *eddy current* dalam p.u.

Total Harmonic Distortion

Menurut Sankaran (2002) *Total Harmonic Distortion* (TDH) adalah rasio antara nilai RMS dari komponen harmonisa dan nilai RMS dari fundamental. Hubungan antara THD dengan IHD dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$THD = (\text{IHD}_2^2 + \text{IHD}_3^2 + \text{IHD}_4^2 + \dots \text{IHD}_n^2)^{1/2} \tag{5}$$

Tabel 1. Data Teknis Gardu Trafo Tiang 200 KVA

Lokasi Trafo	Tegangan		Frek (Hz)	Arus (A)	Z (%)
	Primer (kV)	Sekunder (V)			
Kali Kepiting 175	21/20.5/20/19.5	231/400	50	6.1-385	4
Dharmahusada Indah I	21/20.5/20/19.5	231/400	50	6.1-385	4
Dharmahusada Indah Utara IV	21/20.5/20/19.5	231/400	50	6.1-385	4
Mulyosari Timur 50	21/20.5/20/19.5	231/400	50	6.1-385	4
Kedung Cowek 177A	21/20.5/20/19.5	231/400	50	6.1-385	4

Tabel 2. Analisa Arus Beban Penuh

Lokasi Trafo	V_{ave} (V)	$V_{(fasa-fasa)}$ (V)	I_{FL} (A)
Kali Kepiting 175	211.56	366.43	315.12
Dharmahasada Indah I	70.10	121.42	950.99
Dharmahasada Indah Utara IV	112.37	194.63	593.28
Mulyosari Timur 50	117.70	203.86	566.42
Kedung Cowek 177A	206.39	357.48	323.01

Besarnya V_{ave} berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer* Hioki 3196.

Tabel 3. Analisa Arus Hubung Singkat

Lokasi Trafo	Tegangan fasa-fasa (V)	I_{sc} (A)
Kali Kepiting 175	366.43	7878.043
Dharmahasada Indah I	121.42	23774.925
Dharmahasada Indah Utara IV	194.63	14831.995
Mulyosari Timur 50	203.86	14160.459
Kedung Cowek 177A	357.48	8075.281

Tabel 4. Analisa Tegangan Average

Lokasi Trafo	Pengukuran (V)	Perhitungan (V)	Selisih (V)	ΔV (%)
Kali Kepiting 175	227.00	215.57	11.43	5.04
Dharmahasada Indah I	228.14	218.39	9.75	4.27
Dharmahasada Indah Utara IV	229.98	216.23	13.75	5.98
Mulyosari Timur 50	220.32	213.93	6.39	2.9
Kedung Cowek 177A	229.85	207.85	22.01	9.57

Tabel 5. Analisa Arus Average

Lokasi Trafo	Pengukuran (A)	Perhitungan (A)	Selisih (A)	ΔI_{ave} (%)
Kali Kepiting 175	211.56	149.75	61.81	29.22
Dharmahasada Indah I	70.10	126.01	55.91	79.76
Dharmahasada Indah Utara IV	112.37	110.16	2.21	1.97
Mulyosari Timur 50	117.70	118.12	0.42	0.36
Kedung Cowek 177A	206.39	197.90	8.49	4.11

Tabel 6. Analisa THD Arus

Lokasi Trafo	ITHD Arus (%)			
	R	S	T	N
Kali Kepiting 175	3.93	1.66	4.99	20.79
Dharmahusada Indah I	11.80	7.06	7.57	3.85
Dharmahusada Indah Utara IV	6.28	7.12	6.78	36.22
Mulyosari Timur 50	7.51	7.37	9.86	77.82
Kedung Cowek 177A	19.89	20.86	23.28	28.43

Tabel 7. Analisa THD Tegangan

Lokasi Trafo	Fasa	Pengukuran (%)	Standar (%)	Keterangan
Kali Kepiting 175	R (U_1)	1.217	5	Tidak melebihi standar
	S (U_2)	1.179	5	Tidak melebihi standar
	T (U_3)	1.726	5	Tidak melebihi standar
Dharmahusada Indah I	R (U_1)	1.081	5	Tidak melebihi standar
	S (U_2)	0.999	5	Tidak melebihi standar
	T (U_3)	1.094	5	Tidak melebihi standar
Dharmahusada Indah Utara IV	R (U_1)	1.886	5	Tidak melebihi standar
	S (U_2)	1.985	5	Tidak melebihi standar
	T (U_3)	2.100	5	Tidak melebihi standar
Mulyosari Timur 50	R (U_1)	1.504	5	Tidak melebihi standar
	S (U_2)	1.482	5	Tidak melebihi standar
	T (U_3)	1.549	5	Tidak melebihi standar
Kedung Cowek 177A	R (U_1)	4.687	5	Tidak melebihi standar
	S (U_2)	4.190	5	Tidak melebihi standar
	T (U_3)	4.620	5	Tidak melebihi standar

Tabel 8. Analisa Harmonisa Pada Netral

Lokasi Trafo	THD urutan nol fasa (%)			I urutan Nol (A)			THD I_4 urutan nol (%)	I_4 Urutan Nol (A)
	R	S	T	R	S	T		
Kali Kepiting 175	0.39	0.37	0.45	64.35	96.98	92.29	1.21	253.61
Dharmahusada Indah I	10.06	6.37	6.84	407.83	600.06	516.18	23.26	1524.07
Dharmahusada Indah Utara IV	4.19	4.10	5.8	485.81	332.47	812.45	14.09	1630.74
Mulyosari Timur 50	6.94	6.93	9.15	818.64	818.65	1069.97	23.02	2707.25
Kedung Cowek 177 A	1.94	1.58	1.87	407.04	337.01	365.51	5.38	1109.57

Kesimpulan

Berdasarkan analisa data di atas, terlihat bahwa THD arus pada trafo tiang melebihi standar sedangkan THD tegangan pada trafo tiang tidak ada yang melebihi standar, dengan pembebanan yang lebih akan mengakibatkan terjadinya arus beban penuh dan arus hubung singkat terbesar terjadi di Dharmahasada Indah I masing-masing sebesar 950.99 dan 23774.925 Amper dan penurunan tegangan terbesar di Kedung Cowek 177A sebesar 9.57 %.

Daftar Pustaka

- Abdul Kadir, 2000, **Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik**, Jakarta : UI – Press.
- Burke, James J. 1994, **Power Distribution Engineering-Fundamentals And Applications**. New York : Marcel Dekker INC.
- C. Sankaran, 2002, **Power Quality**, USA : CRC Press LLC
- J. Arrilaga, Bradley D.A., Bodger P.S. 2003, **Power System Harmonics**, New York: John Wiley & Sons.
- Sumanto. **Teori Transformator**. Yogyakarta : Andi Offset, 1991
- Tribuana, Wanhar. 1999, **Pengaruh Harmonik pada Transformator Distribusi**. <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener25.html>.
- Julius Sentosa Setiadji, Tabrani Machmudsyah, Yanuar Isnanto, 2006, **Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Transformator Distribusi**, Jurnal Teknik Elektro, Vol. 6 No. 1, pp.68-73, UK Petra
- Julius Sentosa Setiadji, Tabrani Machmudsyah, Yohanes Cipta Wijaya, 2007, **Pengaruh Harmonisa Pada Gardu Trafo Tiang Daya 100 kVA di PLN APJ Surabaya Selatan**, Jurnal Teknik Elektro, Vol. 7 No. 1, pp.13-17, UK Petra
- Zuhal, 1995, **Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya**, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- _____, Data Teknis Trafo Tiang, PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.

