

## Studi Pengaruh Harmonisa pada Arus Listrik Terhadap Besarnya Penurunan Kapasitas Daya (Kva) Terpasang Transformator Distribusi (Studi Kasus : Trafo Distribusi PT. PLN (Persero) wilayah Bekasi Raya)

**Fika Priliasari<sup>1</sup>, Herri Gusmedi<sup>2</sup>**

1. PT Artefak Arkindo Jl. Duren Tiga Selatan Kav. 13 Jaksel.
2. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung

**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, beragamnya beban yang diberikan mempengaruhi kinerja dari transformator tersebut dimana salah satu permasalahannya adalah harmonisa arus yang dapat menyebabkan penurunan kapasitas daya terpasang pada transformator. Secara umum, harmonisa arus disebabkan oleh adanya beban-beban nonlinier sehingga bentuk gelombang arus mengalami distorsi dimana frekuensi gelombang harmonisanya adalah merupakan hasil kali integer dari frekuensi dasarnya. Peralatan *Power Quality Analyzer* digunakan sebagai alat bantu pengukuran untuk menentukan besarnya harmonisa arus (THD) dalam transformator distribusi. Dengan menggunakan *software* sebagai alat bantu perhitungan, sebuah perangkat lunak aplikasi dikembangkan menggunakan Borland Delphi 7.0, maka dapat ditentukan besarnya penurunan kapasitas daya terpasang pada transformator distribusi. Semakin besar nilai THD arus yang terjadi maka akan semakin kecil nilai kapasitas daya terpasang (kVA baru) transformator tersebut, dan semakin besar nilai THD arus yang terjadi maka akan semakin besar pula tingkat penurunan kapasitas daya terpasang transformator distribusinya.

**Kata kunci** : Harmonisa arus, THD, THDF.

**Abstract**--*Electric energy distribution involves the use of transmission and distribution lines where distribution transformer is one of the main component which has a function as a step down voltage device. In the application, various loads will affect the works of transformer where one of the problems is harmonic current that causes the derating of plugged power capacity of the transformer. Generally, harmonic current is caused by nonlinear loads so the form of the current wave will get a distortion where the current harmonic*

*wave frequency is an integer multiply of the basic current wave frequency. Power Quality Analyzer is used as a measuring device in order to determine the value of current harmonic (THD) in the distribution transformer. A software for the calculation is developed using Borland Delphi, the decreasing value of installed power capacity in distribution transformer could be determined. The bigger the value of current THD will decrease the value of plugged power capacity (new kVA) of the transformer, and the bigger the value of current THD will increase the derating level of plugged power capacity of distribution transformer.*

**Keywords** : Current Harmonic, THD, THDF.

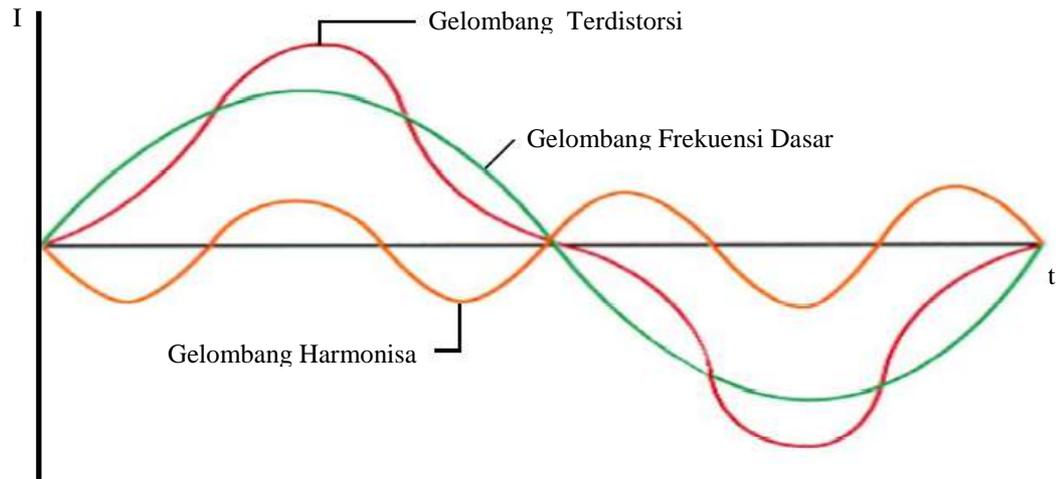
### A. Pendahuluan

Kualitas sistem tenaga berhubungan erat dengan kualitas daya (*Power Quality*). Ada beberapa permasalahan kualitas daya yang sangat mempengaruhi suatu sistem tenaga, salah satu diantaranya adalah harmonisa. Penyebab dari gangguan harmonisa adalah dari peralatan yang banyak digunakan dalam sektor industri, terutama peralatan yang menggunakan komponen *converter* dan *thyristor*. Harmonisa ini menyebabkan distorsi tegangan dan arus dimana ia memiliki frekuensi yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasar sistem. Sehingga gelombang tegangan dan arus yang dihasilkan tidak sinusoidal murni dan pada akhirnya dapat menimbulkan gangguan pada peralatan di sistem tenaga.

Transformator distribusi sangat berperan dalam penyaluran daya ke pusat beban dan merupakan peralatan yang paling merasakan adanya harmonisa, karena letaknya yang lebih dekat terhadap beban-beban nonlinier.

---

Naskah ini diterima pada tanggal 20 Mei 2007, direvisi tanggal 30 Juni 2007 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 1 Agustus 2007.



Gambar 1. Uraian Gelombang Terdistorsi menjadi Gelombang Frekuensi Dasar dan Harmonik ke-3

Banyaknya penggunaan *converter* dan *thyristor* yang terdapat pada beban-beban nonlinear akan semakin meningkatkan arus harmonisa. Harmonisa arus mengakibatkan pemanasan pada bagian-bagian transformator, sehingga mengakibatkan peningkatan rugi-rugi dan penurunan efisiensi pada transformator. Maka dari itu dengan pengukuran pada transformator distribusi dapat diketahui besarnya total harmonisa arus atau THD (*Total Harmonic Distortion*) yang terjadi. Sehingga kita dapat melakukan studi pengaruh harmonisa arus terhadap besarnya penurunan kapasitas daya (kVA) terpasang yang terjadi pada transformator distribusi.

## B. Landasan Teori

### Harmonisa

Berdasarkan *Standart IEC (International Electrotechnical Commission) 1000.4-11*, gangguan harmonisa tergolong kedalam Distorsi Bentuk Gelombang (Dugan, 1996). Pada fenomena ini terjadi perubahan bentuk gelombang dari gelombang dasarnya.

Harmonisa adalah gelombang tegangan atau arus sinusoidal yang memiliki frekuensi yang merupakan hasil kali integer dari frekuensi dasar dimana suplai sistem dirancang untuk beroperasi

(biasanya 50 atau 60 Hz). Pada dasarnya, harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonisa yang timbul pada bentuk gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonisa.

Harmonisa yang ditimbulkan oleh peralatan yang digunakan menyebabkan perubahan pada bentuk gelombang. Berikut adalah contoh perbandingan dari bentuk gelombang dasar dan gelombang harmonisa (pendistorsi).

Harmonisa disebabkan oleh adanya beban nonlinear yang digunakan dalam sistem tenaga listrik. Peralatan seperti *converter*, penyearah, *adjustable speed drive* untuk mengendalikan motor-motor industri, *thyristor controlled reactor*, serta berbagai peralatan yang didasarkan pada proses pensaklaran dapat menimbulkan terjadinya harmonisa. Sedangkan untuk beban, yang dapat menimbulkan harmonisa antara lain *electric arc furnace*, *induction furnace*, serta mesin las, dimana beban tersebut berubah-ubah dari waktu ke waktu dengan cepat secara nonlinear.

### Total Harmonic Distortion (THD)

Salah satu cara yang paling umum untuk menyatakan besarnya distorsi Harmonisa yang terjadi dalam suatu sistem adalah THD (*Total Harmonic Distortion*). Untuk menentukan besarnya THD digunakan persamaan sebagai berikut:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{\max}} I_h^2}}{I_1} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

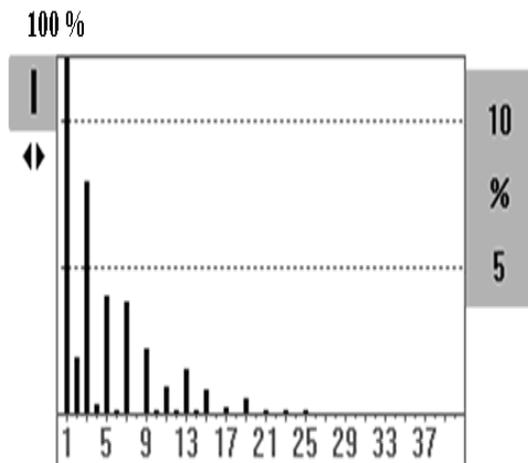
Dengan  $THD$  = Distorsi Harmonisa Total (%)

$I_1$  = Arus frekuensi dasar (A)

$I_h$  = Arus harmonisa ke-h (A)

$h$  = Bilangan integer 2, 3, 4, 5, ....

Gambar berikut adalah bentuk dari spektrum sinyal secara sederhana.



Gambar 2. Spektrum Harmonisa terhadap Nilai Tegangan Dasar.

Dari gambar spektrum sinyal gelombang Harmonisa dapat ditentukan besarnya arus dari tiap-tiap gelombang harmonisa yang terjadi. Batas dari besarnya THD untuk arus dalam suatu sistem tenaga yang dapat diterima berdasarkan aturan IEC adalah 5 – 20% (*Fluke Education Partnership, 2004*). Apabila telah melewati batas tersebut maka dikategorikan level arus yang berbahaya dan dapat menyebabkan kerusakan serius pada peralatan listrik yang digunakan.

### Pengaruh Harmonisa pada Transformator Distribusi

Harmonisa arus menimbulkan pemanasan pada bagian-bagian transformator, sehingga akan mengakibatkan peningkatan rugi-rugi dan penurunan efisiensi pada transformator. Dengan adanya penurunan efisiensi transformator maka akan terjadi penurunan kapasitas daya terpasang pada transformator tersebut.

Untuk melakukan perhitungan penurunan kapasitas daya terpasang transformator pada tugas akhir ini, digunakan metode perhitungan nilai THDF (*Transformator Harmonic Derating Factor*) (Tribuana, 1999). THDF merupakan sebuah nilai atau faktor pengali yang digunakan untuk menghitung besar kapasitas baru (kVA baru) transformator. Pada dasarnya, THDF pada suatu Transformator dipengaruhi oleh adanya THD (*Total Harmonic Distortion*) dalam transformator tersebut sebagai akibat dari adanya penggunaan beban nonlinier pada sisi beban. Besarnya THD ditentukan terlebih dahulu melalui pengukuran. Sedangkan Nilai THDF dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$THDF = \frac{1,414}{CF} \dots \dots \dots (2)$$

$$THDF = \left[ 1,414 \times \frac{(I_{rms})}{(I_{puncak})} \right] \dots \dots \dots (3)$$

Dimana,  $I_{rms}$  = arus rms fasa rata-rata (A),  $I_{puncak}$  = arus puncak fasa rata-rata (A) dan *Crest Factor* ( $CF$ ) =  $I_{puncak}/I_{rms}$

Rumus menentukan nilai kVA baru :

$$kVA_{baru} = THDF \times kVA_{pengenal} \dots \dots \dots (4)$$

dimana,  $kVA_{baru}$  = Kapasitas daya terpasang transformator,  $THDF$  = *Transformator Harmonic Derating Factor*

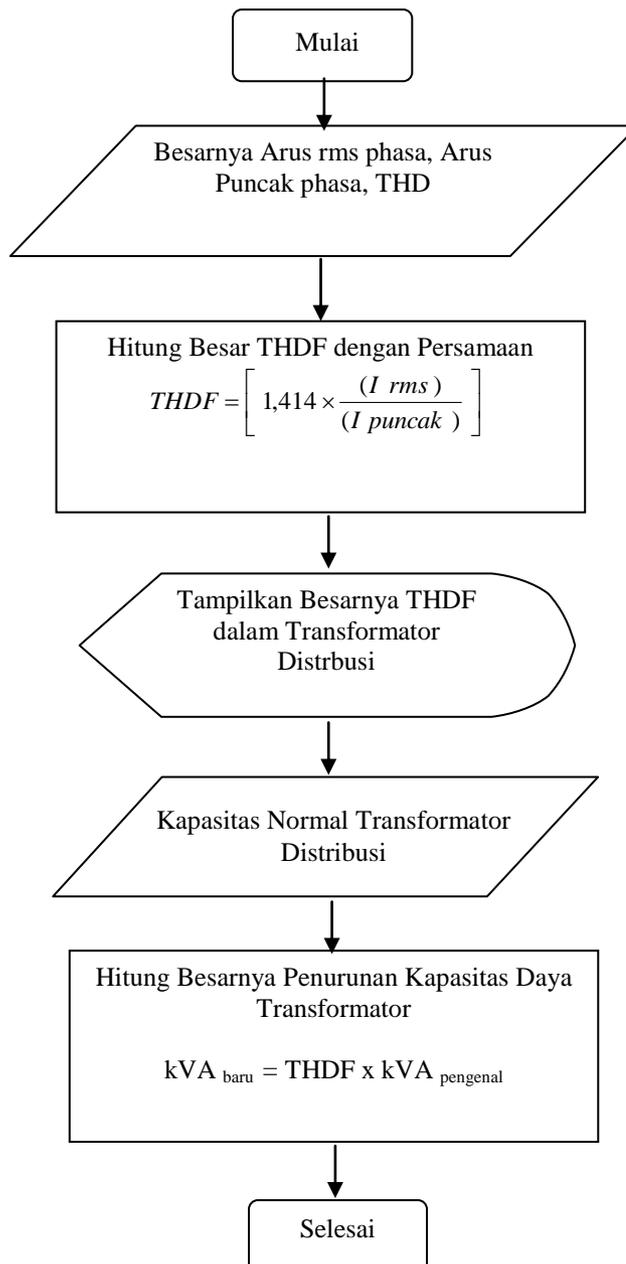
dan  $kVA_{\text{pengenal}}$  = Kapasitas transformator distribusi lama

$THDF = 1$ , sehingga tidak terjadi penurunan kapasitas transformator

Dalam keadaan ideal (gelombang sinusoidal murni) dimana tidak terdapat gangguan harmonisa dalam sistem nilai  $Crest\ Factor = \sqrt{2}$  atau 1,414, dan nilai

### C. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :



Gambar 3. Bagan Alir Perhitungan Penurunan Kapasitas Daya (kVA) Terpasang Transformator.

Transformator distribusi yang diukur berada di wilayah PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) Wilayah Bekasi Raya Jawa Barat. Dengan menggunakan

Peralatan Power Quality Analyzer dilakukan pengukuran terhadap beberapa sample Trafo Distribusi antara lain dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1 hasil pengukuran terhadap beberapa sample Trafo Distribusi

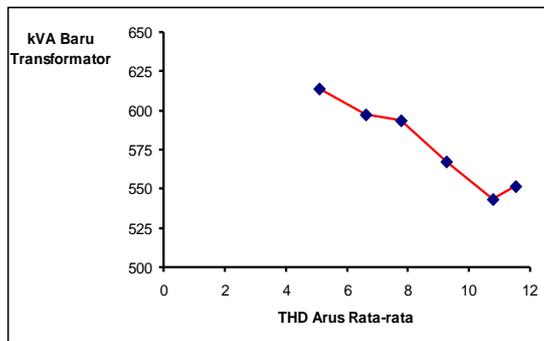
Nama Transformator	Kapasitas Daya (kVA)	THD Arus (%)			Arus rms ( $I_{rms}$ ) (Ampere)			Arus Puncak ( $I_{puncak}$ ) (Ampere)			Tegangan rms ( $V_{rms}$ ) (Volt)		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Gardu RTB	630	5	5,2	5,1	547	483	609	789	698	892	225,9	228,4	226,4
Gardu YSHA	630	7,3	6,5	6	869	772	737	1335	1069	1143	233,3	234,2	233,3
Gardu RBA1	630	7,3	8,5	7,5	354	271	410	531	401	620	232,3	235,8	233,3
Gardu TKN	630	7,2	9,4	11,2	305	316	341	496	514	501	235,5	234,7	235,6
Gardu PLNK1	630	16	6,1	10,2	215	206	153	348	337	256	232,1	232,8	234,1
Gardu TKNA	630	10,7	9,5	14,3	126	127	102	198	215	160	230,2	231,8	232,1

#### D. Hasil Penelitian

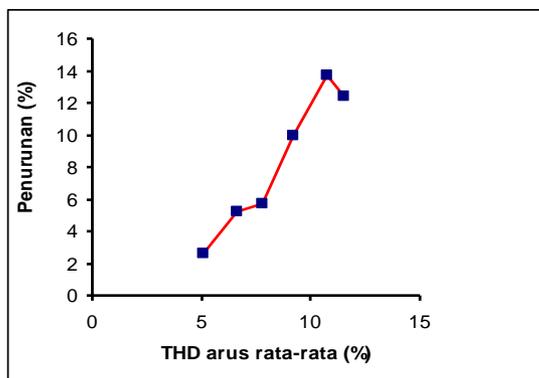
Tabel 2. Hubungan THD Arus dengan Penurunan Kapasitas Daya (kVA) Terpasang.

Nama Gardu	kVA pengenal (kVA)	THD Arus rata-rata (%)	THDF	kVA baru (kVA)	Penurunan (%)
Gardu RTB	630	5,1	0,974	613,72	2,58
Gardu YSHA	630	6,6	0,947	597,228	5,2
Gardu RBA1	630	7,766	0,943	594,071	5,7
Gardu TKN	630	9,266	0,90	567,15	9,97
Gardu PLNK1	630	10,766	0,862	543,390	13,74
Gardu TKNA	630	11,5	0,876	551,904	12,4

Grafik hasil perhitungan :



Gambar 4. Hubungan THD Arus dengan Kapasitas Daya Terpasang (kVA baru).



Gambar 5. Hubungan THD Arus dengan Penurunan Kapasitas Daya Terpasang.

### E. Kesimpulan

1. Besar kecilnya nilai THD arus tergantung kepada nilai arus rms pada masing-masing *line*-nya (L1, L2, dan L3). Pada gardu TKN nilai THD arus rata-rata adalah 9,266% sedangkan pada gardu PLN K1 adalah 10,766%. Semakin besar perbedaan nilai arus rms antar *line*-nya (tidak seimbang/*unbalance*) maka akan semakin besar nilai THD arus yang terjadi, sebaliknya semakin kecil perbandingan nilai arus rms antar *line*-nya maka akan semakin kecil pula nilai THD arusnya.
2. Berdasarkan hasil pengukuran pada Transformator Distribusi, pada gardu PLN K1 nilai THD arusnya adalah

10,766% dan nilai THDF adalah 0,862, sehingga nilai kapasitas daya (kVA) terpasangnya menjadi 543,390 kVA karena mengalami penurunan 13,74%. Semakin besar nilai THD arus yang terjadi maka akan semakin kecil nilai kapasitas daya terpasang (kVA baru) transformator tersebut, sedangkan semakin besar nilai THD arus yang terjadi maka akan semakin besar pula tingkat penurunan kapasitas daya terpasang transformator distribusinya.

### Ucapan Terima Kasih

Bapak Agus Sobari dan rekan – rekan serta staf karyawan PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) Wilayah Bekasi Raya Jawa Barat.

### Daftar Pustaka

- [1]. Arrilaga, and Watson. 2000. Power Quality Assessment. John Wiley & Sons Ltd. England.
- [2]. Dugan, M. and Beaty. 1996. Electrical Power Systems Quality. McGraw – Hill. United States of America.
- [3]. Fitzgerald, A.E. 1992. Mesin-Mesin Listrik. Erlangga. Jakarta.
- [4]. Fluke Education Partnership. Common Power Quality Factors Affecting Transformers. Fluke Corporation. 2004. 29 Agustus 2006. <http://www.fluke.com>. 6 hlm.
- [5]. Hyat, W.H. and J.E. Kemmerly. 1998. Rangkaian Listrik. Erlangga. Jakarta.
- [6]. LEM. 2004. Power Factor dan Cos Phi dengan Alat Ukur Power Quality Analyst 3Q. PT. Jalamas Berkatama. Jakarta.
- [7]. Malvino, A.P. 1999. Prinsip-prinsip Elektronik. Erlangga. Jakarta.
- [8]. Miller, T.J.E. 1982. Reactive Power Control in Electric System. John Wiley & Sons. New York.

- [9]. Mirus International Inc., Harmonic Mitigating Transformer. 2003. 15 September 2006.  
<http://www.mirusinternational.com>.
- [10]. Pacific Gas and Electric Company. Power System Harmonic. Jan. 1993. 15 Juli 2006. 5 hlm.
- [11]. Rashid, M.H. 1999. Elektronika Daya. PT. Prenhallindo. Jakarta.
- [12]. Stevenson, W.D.Jr. 1982. Element of Power System Analysis. McGraw - Hill, Inc.
- [13]. Sugiyon, Agus. 1988. Teknik Penghilangan Harmonisa pada Inverter Satu Phasa dengan Mikroprosesor sebagai Pembangkit Sinyal Kendali. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- [14]. Tribuana, N. dan Wanhar. Pengaruh Harmonik Pada Transformator Distribusi. Apr. 1999. 29 Desember 2005.  
<http://www.elektroindonesia.com>.
- [15]. Wikimedia Foundation Inc. Transformer. 2007. 5 November 2007. <http://www.wikipedia.com>
- [16]. Zuhail. 2000. Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.