

## **Analisis Losses Dan THD (Total Harmonic Distortion) Akibat Pengaruh Beban Non Linear Pada Transformator Daya**

### ***Modeling Losses And THD (Total Harmonic Distortion) Influenced Of Non Linear Load At Power Transformer***

<sup>1</sup>Andri Purnomo, <sup>2</sup>Andi Adriansyah

<sup>1,2</sup> Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana  
Email: andrimte30@gmail.com, andi@mercubuana.ac.id

#### **Abstrak**

*Total Harmonic Distortion (THD)* tegangan dan arus yang tidak memenuhi standar *IEEE 519-2014* dapat mengakibatkan terjadinya losses pada trafo distribusi, sehingga akan menyebabkan gangguan pada sistem tenaga listrik. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh distorsi harmonik terhadap losses serta hasil perbandingan *Total Harmonic Distortion (THD)* antara pengukuran menggunakan *power quality analyzer* dan simulasi ETAP pada transformator daya. Berdasarkan nilai *THD<sub>v</sub>* dan *THD<sub>i</sub>* dari hasil pengukuran dan simulasi ETAP didapatkan perbedaan *THD<sub>v</sub>* sebesar 0.02 % dan *THD<sub>i</sub>* sebesar 0.14%. Hasil ini menunjukkan bahwa alat *power quality analyzer* terkalibrasi baik dan data-data kelistrikan yang didapat untuk keperluan simulasi hampir sesuai dengan kondisi dilapangan. Pada saat kondisi beban puncak antara jam 18.00 wib sampai 21.30 wib dengan interval waktu per 10 menit didapat pengukuran nilai rata – rata *THD* minimum 1.356 dan maksimum 1.568 serta nilai rata- rata losses minimum 0.6376 dan maksimum 0.6462. Kondisi ini menunjukkan semakin tinggi nilai *THD* tegangan pada saluran maka semakin tinggi pula losses yang terjadi.

Kata Kunci : *THD (Total harmonic distortion), Losses, Non Linear Loads*

#### **Abstract**

*The Total Harmonic Distortion (THD) voltage and current that do not meet IEEE 519-2014 standard can be losses in the distribution transformer, so that it will can be interference with the electric power system. The research aim to analyze the effect of harmonic distortion on losses and result compare with Total Harmonic Distortion (THD) between measurement using a power quality analyzer and ETAP simulation on a power transformer. Based on THD<sub>v</sub> and THD<sub>i</sub> value from the result of ETAP measurement and simulation, difference are THD<sub>v</sub> of 0.02% and THD<sub>i</sub> of 0.14%. The result indicated the power quality analyzer is calibrated and electricity data obtained for simulation are almost in accordance with field condition. The peak load condition between 18:00 hours to 21.30 hours with time interval 10 minutes obtained measurement of the average value of minimum THD 1,356 and maximum of 1,568 and the average value of losses of minimum 0.6376 and maximum of 0.6462. The condition show is THD high then losses increased.*

Keywords: *THD (Total harmonic distortion), Losses, Non Linear Loads*

## **1. Pendahuluan**

Sebagian besar beban listrik yang digunakan di fasilitas seperti perkantoran, rumah sakit, swalayan, universitas, bandara, pabrik dan fasilitas umum lainnya adalah beban listrik yang termasuk beban non – linier. (George Tomy at al..2016). Beban non – linier, yaitu beban yang mengakibatkan bentuk gelombang arus tidak sinus walaupun disuplai dengan tegangan yang sinus. Gelombang arus yang tidak sinus atau gelombang arus terdistorsi dinamakan harmonisa. Nilai harmonik yang tinggi pada sistem tenaga listrik tidak dikehendaki karena merugikan dan dianggap sebagai gangguan dalam sistem tenaga listrik (Venkatesh, C. et al 2008).

Pembebanan transformator distribusi yang disebabkan oleh beban non – linier dapat menimbulkan distorsi harmonik pada sistem tenaga listrik. (J. Faiz at al..2015) Sistem tenaga listrik yang mengandung harmonisa membawa kerugian pada berbagai peralatan diantaranya yaitu trafo distribusi. Kandungan harmonisa yang besar menyebabkan trafo mengalami pemanasan yang berlebih (over heating) walaupun beban belum mencapai beban nominal. Pemanasan berlebih ini disebabkan oleh meningkatnya rugi – rugi pada trafo yaitu rugi berbeban (PLL), rugi tembaga ( $I^2R$ ), rugi besi (Eddy Current serta rugi sasar lainnya (other stray)). (J. Faiz at al..2015). Total Harmonic Distortion (THD) tegangan dan arus yang tidak memenuhi standar dapat mengakibatkan terjadinya losses pada trafodistribusi, sehingga mengakibatkan gangguan pada sistem tenaga listrik((George Tomy at al..2016) Oleh sebab itu, Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh distorsi harmonik terhadap losses serta THD antara pengukuran dan simulasi pada transformator daya.

## 2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode pemodelan berupa perbandingan analisis hasil pengukuran menggunakan alat Power Quality Analyzer pada busbar transformator daya dengan analisis menggunakan software ETAP dari data – data kelistrikan yang didapat dari RS.Meilia.

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan observasi data teknik trafo yang digunakan pada sistem tenaga listrik di rumah sakit Meilia di Jakarta menggunakan perangkat keras berupa Power Quality Analyzer PowerPad Model 3945-B . Data yang diambil pada saat beban puncak antara jam 18.00 wib sampai dengan jam 21.30 wib dengan mencatat setiap pengukuran 10 menit sehingga jumlah data yang terkumpul sebanyak 22 pencatatan pengukuran. pengukuran ini ditujukan sebagai data primer. Adapun data pendukung lainnya seperti data sistem kelistrikan yang dimiliki rumah sakit tersebut digunakan sebagai data dasar untuk melakukan simulasi menggunakan software ETAP.

Adapun hal yang akan dianalisa pada penelitian ini yaitu menghitung total kapasitas daya aktif beban non – linier, Menghitung total daya semu dan arus beban non linier, Analisis THD dan losses dari data hasil pengukuran menggunakan alat Power Quality Analyzer serta analisis THD dari hasil simulasi menggunakan software ETAP.

## 3. Hasil

Analisa THD simulasi dengan menggunakan software ETAP didapat nilai THDv 1.55% dan THDi 5.25 %, Berdasarkan IEEE 519 – 2014 dengan tegangan nominal trafo dibawah 65 KV dan Ratio hubung singkat kurang dari 20 maka batas maksimum THDv dan THDi adalah 5 % sehingga untuk nilai THDv memenuhi syarat dan THDi tidak memenuhi syarat (pada tabel 1 dan 2).

Analisa THD pengukuran menggunakan Power Quality Analyzer PowerPad Model 3945-B. Didapat nilai THDv 1.57% dan THDi 5.11%. Berdasarkan IEEE 519 – 2014 dengan tegangan nominal trafo dibawah 65 KV dan Ratio hubung singkat kurang dari 20 maka batas maksimum THDv dan THDi adalah 5 % sehingga untuk nilai THDv memenuhi syarat dan THDi tidak memenuhi syarat (pada tabel 1 dan 2) .

Berdasarkan nilai THDv dan THDi dari hasil pengukuran dan simulasi didapatkan perbedaan THDv sebesar 0.02 % dan THDi sebesar 0.14%. Dari hasil perbedaan ini bahwa alat ukur power quality analyzer terkalibrasi baik dan data- data kelistrikan yang ada di

RS.Meilia memberikan informasi yang akurat terhadap kebutuhan untuk melakukan simulasi menggunakan software ETAP.

Pada penelitian ini didapatkan hasil total kapasitas daya aktif beban non – linier dimana

$$S = 1600 \text{ kVA}$$

$$\text{Cos } \phi \text{ Rata – Rata} = 0,99$$

$$\begin{aligned} P_{\text{(Base satu phasa)}} &= S \times \text{Cos } \phi / \sqrt{3} \\ &= 1600 \times 0,99 / \sqrt{3} \\ &= 914.522 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{(Base tiga phasa)}} &= S \times \text{Cos } \phi \\ &= 1600 \times 0,99 \\ &= 1584 \text{ kW} \end{aligned}$$

**Losses pada beban arus rata-rata ( $I_{RMS}$ ) = 138.8 A**

Losses pada  $I_{RMS}$  rata- rata setelah terpengaruh beban non linear dapat dicari dengan cara sebagai berikut;

Orde ke 1 : dapat di hitung dengan rumus  $I_h (pu) = \frac{I_h}{I_1}$

Analisis arus harmonisa pada  $I_{RMS}$  rata- rata sampai orde ke-15 sehingga diperoleh hasil pada Tabel 3

Berdasarkan pada table 3, maka perhitungan rugi – rugi beban ( $P_{LL}$ ) dalam per unit pada phasa R adalah sebagai berikut ;

$$P_{LL} = 1.0004641 + 1.019275 \times 0.01 = 1.0107 \text{ p.u}$$

Sehingga rugi  $I^2R$  bertambah sebesar 0,0004641 p.u dan rugi eddy current bertambah sebesar 0,0001927 p.u. Penambahan losses pada  $I_{RMS}$  rata- rata 138.8A akibat beban non linear untuk :

a. Rugi tembaga :

$$\begin{aligned} P_{CU}(kW) &= P_{CU} (p.u) \times P_{Base 10} \\ &= 0.0004641 \text{ p.u} \times 914.522 \text{ kW} \\ &= 0.4244 \text{ kW} \end{aligned}$$

b. Rugi Eddy Current :

$$\begin{aligned} P_E(kW) &= P_E (p.u) \times P_{Base 10} \\ &= 0.0001927 \text{ p.u} \times 914.522 \text{ kW} \\ &= 0.0455 \text{ kW} \end{aligned}$$

c. Rugi Histerisis

Pada table diketahui bahwa rugi histerisis pada phasa R yaitu sebesar 45.53847 W atau 0.0455 kW. sehingga dengan demikian total penambahan losses pada  $I_{RMS}$  rata- rata 138.8A akibat pengaruh dari beban nonlinear dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{LOSSES } I_{RMS} \text{ rata- rata } 138.8A &= P_{CU}(kW) + P_E(kW) + P_h (kW) \\ &= 0.4244 \text{ kW} + 0.1763 \text{ kW} + 0.0455 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$= 0.6462 \text{ kW.}$$

Dengan cara yang sama Losses pada beban berikutnya dapat dihitung, hasilnya pada table 3. Analisis rata-rata losses pada trafo daya pada saat beban puncak IRMS didapat rata –rata losses minimum 0.6376 dengan rata – rata THD minimum 1.356 dan rata-rata losses maksimum 0.6462 dengan rata-rata THD 1.568. Berdasarkan data analisis tersebut didapatkan kesimpulan semakin tinggi nilai THD tegangan pada saluran maka semakin tinggi pula losses yang terjadi.

#### 4. Diskusi

Penelitian ini hanya untuk mengukur THD pada salah satu trafo daya di RS. Meilia jakarta, hasil pengukuran di bandingkan dengan cara simulasi.apakah ada perbedaan nilai THD. Jika perbedaan nya besar atau sedikit perlu didiskusikan penyebabnya apakah data kelistrikan dari RS. Meilia mengalami perubahan konstruksi atau alat ukur yang sudah tidak memadai. Nilai THD tersebut disesuaikan dengan standard IEEE 519-2014.

Sedangkan Losses pada trafo dicari berdasarkan data yang diambil dari pengukuran dan data Trafo yang ada di label Trafo. Kemudian losses di hitung berdaraskan tipe harmonik pada trafo sehingga didapat nilai losses setiap beban arus rms. Dengan di dapatnya losses perlu juga diperhatikan THD pada saat arus beban rms yang diukur kemudian dilihat perbandingannya. Apakah sesuai dengan tujuan penelitian.

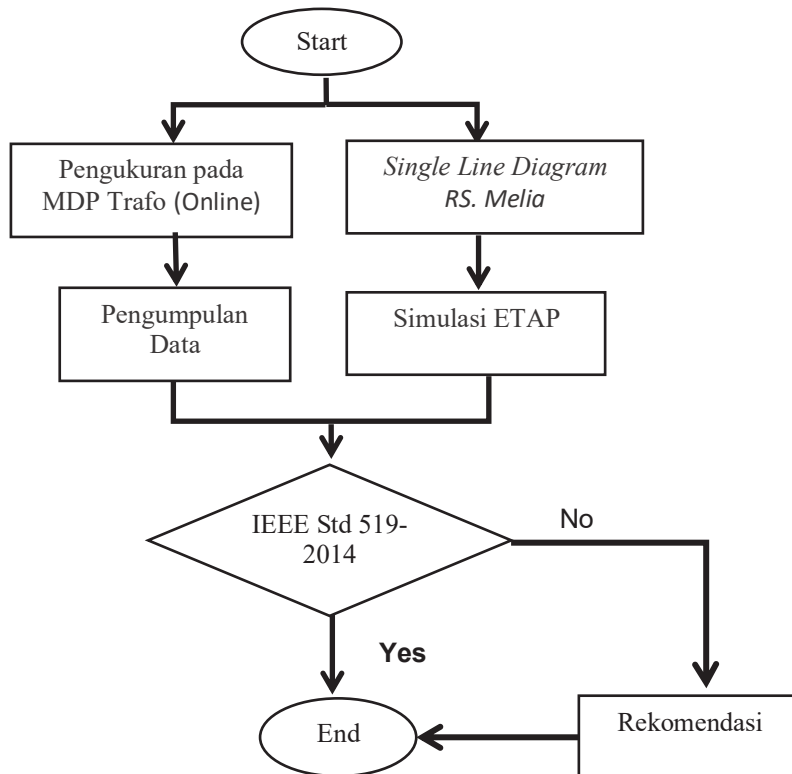


Diagram 1. Alir Pemodelan Sistem

Tabel 1. Analisis  $V_{THD}$  Berdasarkan IEEE 519 - 2014

Voltage	$V_{THD}$		Standard $V_{THD}$ (%)	Keterangan
	Pengukuran(%)	Simulasi (%)		
$V \leq 69 \text{ kV}$	1.57	1.55	5	Memenuhi Standard

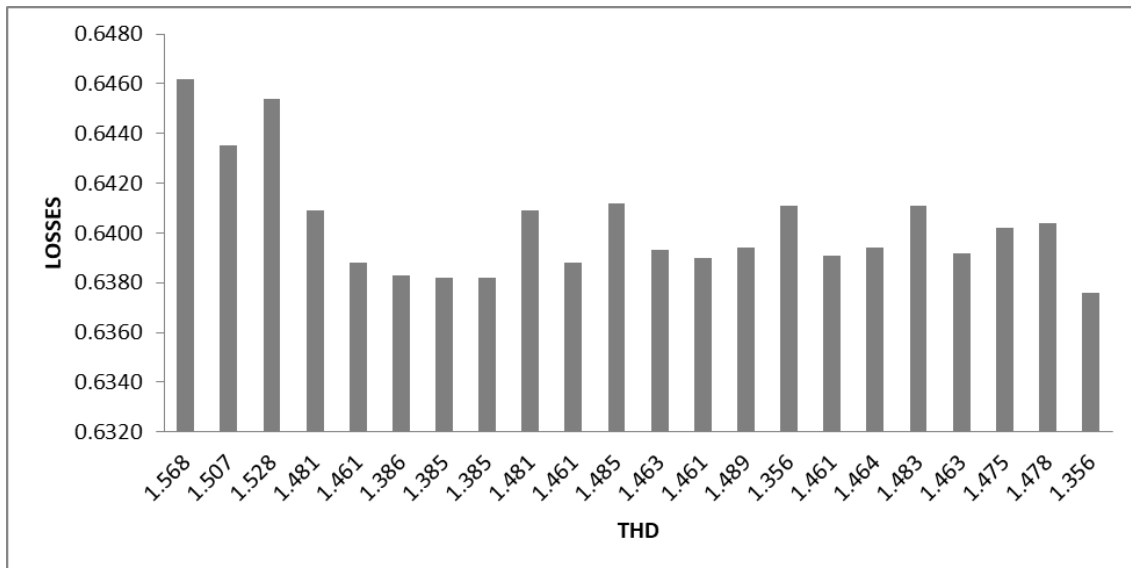
Tabel 2. Analisis  $I_{THD}$  Berdasarkan IEEE 519 - 2014

$I_{SC}/I_L$	$I_{THD}$		Standard $I_{THD}$ (%)	Keterangan
	Pengukuran(%)	Simulasi (%)		
<b>16.67</b>	5.11	5.25	5	Tidak Memenuhi Standard

Tabel 3. Hasil perhitungan rata-rata losses pada kondisi beban puncak

No Data	Time	Avg IRMS (A)	Avg Losses	Avg THD
1	18:00:00	138.8	0.6462	1.568
2	18:10:00	130.3	0.6435	1.507
3	18:20:00	136.3	0.6454	1.528
4	18:30:00	122.6	0.6409	1.481
5	18:40:00	116.0	0.6388	1.461
6	18:50:00	114.7	0.6383	1.386
7	19:00:00	114.4	0.6382	1.385
8	19:10:00	114.2	0.6382	1.385
9	19:20:00	122.6	0.6409	1.481
10	19:30:00	116.0	0.6388	1.461
11	19:40:00	123.5	0.6412	1.485
12	19:50:00	117.7	0.6393	1.463
13	20:00:00	116.8	0.6390	1.461
14	20:10:00	124.2	0.6394	1.489
15	20:20:00	112.9	0.6411	1.356
16	20:30:00	116.9	0.6391	1.461
17	20:40:00	118.0	0.6394	1.464
18	20:50:00	123.0	0.6411	1.483
19	21:00:00	117.4	0.6392	1.463
20	21:10:00	120.5	0.6402	1.475
21	21:20:00	121.0	0.6404	1.478

22	21:30:00	112.6	0.6376	1.356
----	----------	-------	--------	-------



Grafik 2. Perbandingan nilai rata-rata antara losses dan THD saat beban puncak

## 5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan:

1. Berdasarkan nilai THD<sub>v</sub> dan THD<sub>i</sub> dari hasil pengukuran alat power quality analyzer dan simulasi dengan software ETAP didapat perbedaan persentase. THD<sub>v</sub> sebesar 0.02 % dan THD<sub>i</sub> sebesar 0.14%. Hasil ini menunjukkan bahwa alat *power quality analyzer* terkalibrasi baik dan data-data kelistrikan yang didapat untuk keperluan simulasi hampir sesuai dengan kondisi lapangan.
2. Pengaruh Total Harmonic Distortion tegangan dan arus yang tidak memenuhi standar mengakibatkan terjadinya losses pada trafo distribusi. Semakin tinggi nilai THD tegangan pada saluran maka semakin tinggi pula losses yang terjadi.

Saran atau rekomendasi:

1. Dalam penelitian ini belum bisa melakukan penelitian untuk mengurangi nilai Total Harmonic Distortion (THD) karena penelitian ini hanya sebatas pemodelan losses dan derating pada transformator akibat harmonisa. Oleh karena itu pengembangan kedepan untuk bisa ditambah dengan penelitian pengurangan nilai THD.
2. Dalam mensimulasikan sistem kelistrikan di RS. Meilia belum terpasang filter harmonisa, sehingga untuk pengembangan selanjutnya simulasi sistem kelistrikan dilakukan penambahan filter harmonisa sehingga bisa mengurangi nilai THDnya.

## Ucapan Terimakasih

Saya ucapkan terimakasih kepada kedua orang tua dan istri, dosen pembimbing pak andi adriansyah serta teman –teman seperjuangan yang sudah membantu saya untuk menyelesaikan paper ini.

### **Daftar Pustaka**

- A. Singh, M. Badoni and B. Singh (2012), "Non linear load sharing between a distributed generation sources and utility grid," 2012 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), Bengaluru, pp. 1-6. doi: 10.1109/PEDES.2012.6484501
- Abidin, Janny F (2015), "Evaluasi Nilai Total Harmonic Distortion (THD) pada Transformator di Jaringan Distribusi (Studi di Feeder GJN 6 GI Gejayan)", Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, Yogyakarta
- Dugan, R.C., McGranaghan, M.F., Santoso, S., Beaty, H.W. (2004). Electrical Power System Quality-Second Edition. The McGraw-Hill.
- G. Tomy and D. Menon (2016), "Power quality improvement strategy for non-linear load in single phase system," 2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT), Chennai, pp. 3489-3492. doi: 10.1109/ICEEOT.2016.7755353
- IEEE Approved Draft Recommended Practice for Conducting Harmonic Studies and Analysis of Industrial and Commercial Power Systems," in IEEE P3002.8/D7, June 2018 , vol., no., pp.1-98, 27 Sept. 2018
- J. Faiz, M. Ghazizadeh and H. Oraee (2015), "Derating of transformers under non-linear load current and non-sinusoidal voltage – an overview," in IET Electric Power Applications, vol. 9, no. 7, pp. 486-495, 8. doi: 10.1049/iet-epa.2014.0377
- Venkatesh, C, D. Srikanth Kumar (2008), "Modelling of Nonlinear Loads and Estimation of Harmonics in Industrial Distribution System", Fifteenth National Power Systems Conference (NPSC), IIT Bombay, December.