

## ANALIS PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN *TOTAL HARMONIC DISTORTION* (THD) PADA BEBAN NON LINIER

Tomy Nugroho<sup>1</sup>, Istoni Reza<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Universitas Darma Persada

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Darma Persada

\*Koresponden : [reza.istoni@mail.ru](mailto:reza.istoni@mail.ru)

### ABSTRAK

*Harmonisa mengakibatkan terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Harmonisa terjadi karena adanya beban non linier, dimana akan terbentuk gelombang yang berfrekuensi tinggi yang merupakan kelipatan dari frekuensi fundamentalnya. Frekuensi harmonik yang lebih tinggi daripada frekuensi operasi memiliki efek mengurangi efisiensi atau menyebabkan hilangnya daya. Khususnya pengaruh jangka panjang yang dimiliki harmonik pada infrastruktur tenaga listrik. Hasil yang telah dilakukan dengan menggunakan beban non linier seperti motor induksi dengan daya 8,6 KW. Pengukuran dan perhitungan THD arus dan motor induksi diukur pada setiap fasanya, hasil THD arus dan tegangan pada motor induksi sebesar 6,98% pada fasa R, 6,84% pada fasa S, 7,71% pada fasa T. Dari hasil yang telah diketahui THD arus pada motor induksi melebihi standar IEEE519 karena standar IEEE519 yaitu 5%. Untuk THD tegangan pada motor induksi sebesar 5% pada fasa R, 4,5% pada fasa S dan 4,4% pada fasa T..*

**Kata Kunci:** Motor Induksi, Total Harmonik Distorsi(THD), IEEE 519 Standar

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan beban non-linier telah meningkat, baik di rumah, tempat kerja, industri, atau bidang lain, sebagai akibat dari kemajuan pesat teknologi elektronik (Amalia & Nazir, 2015). Harmonik sejenis gangguan listrik yang dihasilkan oleh beban non-linier. Harmonik dibentuk oleh beban listrik non-linier yang menumpuk dan disuplai ke sistem tenaga listrik. Harmonik adalah terjadinya kelipatan frekuensi dan frekuensi dasar. Agar harmonisa tersebut mempengaruhi kualitas daya sistem tenaga listrik (Assaffat Luqman, 1979).

Harmonisa juga dapat mempengaruhi *life time* perangkat dan dapat mengakibatkan terjadinya panas lebih pada sistem tenaga listrik. Meningkatnya penggunaan energi listrik mengakibatkan cost yang harus dikeluarkan semakin besar. Beban listrik yang dominan digunakan menjadi pengaruh meningkatnya penggunaan energi listrik yaitu pada penggunaan penerangan. Menurut (Galave et al., 2018) penerangan mencakup hampir 20% di dunia kelistrikan.

Permintaan peralatan listrik hemat energi tinggi meningkat dari hari ke hari. Selain penggunaan penerangan harmonisa timbul karena adanya beban non linier, Motor induksi dalam operasinya juga menghasilkan harmonisa. Ketika bahan feromagnetik digunakan untuk membuat motor induksi, keberadaan bahan ini di mesin menghasilkan kurva B-H non-linier yang memiliki efek kejenuhan (saturasi inti besi). GGL induksi berubah bentuk sebagai akibat dari distribusi fluks non-sinusoidal fenomena ini, yang juga berdampak pada bentuk gelombang arus dan tegangan pada belitan stator dan rotor. (Bukit, 2017)

## 2. LANDASAN TEORI

Harmonik adalah tanda-tanda gelombang sinus terbentuk pada frekuensi yang merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi sumber. Gelombang sinus akan menghasilkan gelombang terdistorsi (non-sinus) bila digabungkan dengan frekuensi sumber (Setiawan, 2007). Distorsi harmonik menyebabkan arus, tegangan, dan daya harmonik pada jaringan dengan beban nonlinier dengan mendistorsi gelombang arus dan tegangan jaringan yang tidak lagi sinusoidal. Distorsi Harmonik Total adalah istilah yang dapat digunakan untuk menyatakan besarnya distorsi harmonik, yaitu distorsi kualitas arus, tegangan, dan daya jaringan (THD). Penggerak kecepatan variabel, komputer, printer, dan lampu neon dengan ballast elektronik adalah contoh beban non-linier (Sugiarto, 2012).

### 2.1. Indeks Harmonik

Untuk mengkaji dampak harmonik terhadap kualitas tegangan dan arus berbasis indeks harmonik. Berikut adalah beberapa definisi dan persamaan analisis harmonik.

#### 1. Total Harmonic Distortion (THD)

THD umumnya dinyatakan dalam persentase (%) merupakan rasio nilai RMS komponen harmonik dengan nilai RMS nilai fundamental. Indeks ini digunakan untuk mewakili seberapa jauh bentuk gelombang periodik dengan konten harmonik menyimpang dari bentuk gelombang sinusoidal murni. Tegangan dan arus dengan Total Harmonic Distortion (THD), yaitu:

$$THD_I = \frac{\sqrt{I_{h2}^2 + I_{h3}^2 + I_{h4}^2 + I_{h5}^2 + \dots}}{I_{h1}} \quad (1)$$

$$THD_V = \frac{\sqrt{V_{h2}^2 + V_{h3}^2 + V_{h4}^2 + V_{h5}^2 + \dots}}{V_{h1}} \quad (2)$$

Keterangan :

THD = Total Harmonic Distortion

I<sub>h</sub> = nilai arus harmonik ke-h

V<sub>h</sub> = nilai tegangan harmonik ke-h

IHD (Individual Harmonic Distortion), yang merupakan rasio nilai RMS dari harmonik individu dengan nilai RMS fundamental yang digunakan untuk menggambarkan kontribusi setiap komponen harmonik terhadap harmonik arus dan tegangan. Definisi berikut berlaku untuk nilai IHD untuk harmonik tegangan dan arus pada periode ke-h:

$$IH = \frac{H_n}{I_1} \times THD \quad (3)$$

Untuk mengetahui nilai IHD untuk harmonik tegangan dan arus pada tegangan tiga fasa di definisikan sebagai berikut :

$$Ih_a = \frac{THD_A \times H_{A1}}{100\%} \quad (4)$$

$$Ih_b = \frac{THD_B \times H_{B1}}{100\%} \quad (5)$$

$$Ih_c = \frac{THD_C \times H_{C1}}{100\%} \quad (6)$$

Keterangan :

HA1 = harmonik arus ke-1 fasa A

HB1 = harmonik arus ke-1 fasa B

HC1 = harmonik arus ke-1 fasa C

## 2. Total Demand Distortion (TDD)

Nilai THD dapat digunakan untuk menentukan derajat distorsi arus, tetapi juga dapat salah diinterpretasikan. Terlepas dari kenyataan bahwa arus kecil dapat memiliki nilai THD yang signifikan, mereka tidak membahayakan sistem tenaga listrik. Alih-alih memeriksa sampel sesaat pada frekuensi dasar, beberapa analis memilih untuk memeriksa THD pada arus beban puncak frekuensi dasar dalam upaya untuk mengatasi tantangan ini. Total Demand Distortion (TDD) adalah istilah yang digunakan untuk ini dan merupakan bagian dari standar IEEE 519-1992. Berikut ini adalah definisi nilai TDD:

$$TDD = \frac{\sqrt{I_{h2}^2 + I_{h3}^2 + I_{h4}^2 + I_{h5}^2 + \dots}}{I_L} \quad (7)$$

Keterangan :

TDD = Total Demand Distortion

I<sub>h</sub> = arus harmonik orde ke-h

I<sub>L</sub> = arus beban maksimum pada frekuensi dasar pada PCC (*Point of Common Couplin*)

Untuk mengetahui nilai TDD untuk harmonik tegangan dan arus pada tegangan tiga fasa di definisikan sebagai berikut :

$$TDD = \frac{\sqrt{h_a^2 + h_b^2 + h_c^2}}{\text{Peak Demand Current}} \quad (8)$$

Keterangan :

TDD = Total Harmonic Distortion

H<sub>a</sub> = harmonik fasa A

H<sub>b</sub> = harmonik fasa B

H<sub>c</sub> = harmonik fasa C

### 2.2. Standar Harmonisa

Standar IEEE 519-1992 adalah dasar untuk standar harmonik. Distorsi harmonik dinilai menggunakan dua kriteria. Yang pertama adalah pembatasan harmonik arus. Kedua, ada batasan harmonik tegangan. Rasio I<sub>sc</sub>/I<sub>L</sub> menentukannya untuk harmonik arus standar. I<sub>sc</sub> adalah arus hubung singkat PCC (*Point of Common Coupling*), dan I<sub>L</sub> adalah arus nominal beban. Tegangan sistem yang digunakan mempengaruhi harmonisa tegangan standar. (Ned Mohan, 1994) (Dermawan et al., 2016).

Menurut Assaffat Luqman (1979), amplitudo dan sudut fasa masing-masing komponen harmonik individu dalam spektrum harmonik dapat digunakan untuk menentukan derajat distorsi harmonik. Nilai efektif distorsi harmonik sering diukur dengan menggunakan satu angka yang disebut Total Harmonic Distortion (THD), kadang-kadang dikenal sebagai distorsi harmonik total.

Tabel 1. Standrad Harmonisa Arus (IEEE Std 519, 2014)

Isc/ILOAD	Orde Harmonisa (Dalam %)					Total Demand Distortion
	<11	11-16	17-22	23-24	>35	
<20	4	2	1,5	0,6	0,3	5
20-50	7	3,5	2,5	1	0,5	8
50-100	10	4,5	4	1,5	0,7	12
100-1000	12	5,5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2,5	1,4	20

Dimana :

Isc : Arus hubung singkat pada PCC (*Point of Common Coupling*).

ILOAD : Arus beban fundamental nominal.

THD : *Total Harmonic Distortion* dalam %.

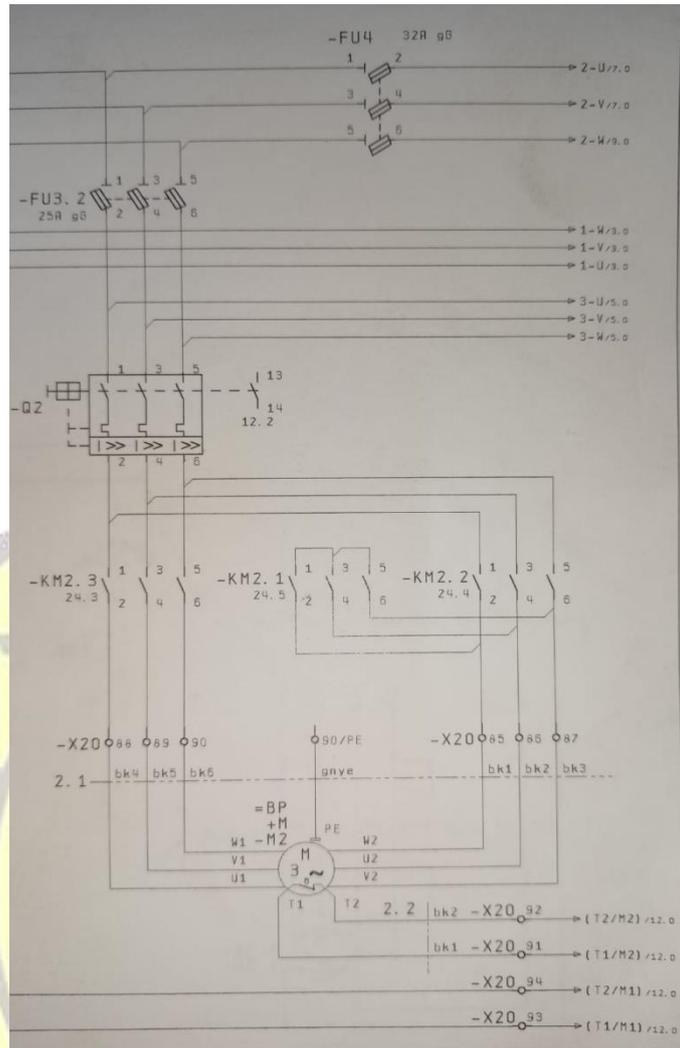
Sedangkan untuk standard harmonisa tegangan ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai seperti tabel 2.

Tabel 2. Standard Harmonisa Tegangan (IEEE Std 519, 2014)

Maximum Distortion (Dalam %)	Tegangan Sistem		
	Dibawah 69kV	69-138kV	>138 kV
Individual Harmonic	3	1,5	1
Total Harmonic	5	2,5	1,5

### 3. PENGUKURAN DAN ANALISA

Pengukuran THD (*Total Harmonic Distortion*) pada motor induksi 3 Phase menggunakan beban penuh, hubungan yang digunakan adalah hubungan segitiga (delta), terhubung dengan kontaktor sebagai kontrol start-delta dan terhubung dengan MCB (*Main Circuit Bracker*) sebagai pengaman disaat adanya arus lebih, MCB (*Main Circuit Bracker*) memiliki kemampuan arus 17-23A. Pengukuran ini memerlukan dua parameter pengukuran yaitu arus dan tegangan. Untuk arus dilakukan dengan memasang *Clamp Power Meter* yang dilingkarkan kemasing-masing fasa, untuk pengukuran tegangan dilakukan dengan memasang *Clamp Power Meter* dilingkarkan kemasing-masing fasa dan mengukur tegangan setiap fasanya.



Gambar 1. Wiring Diagram Kontrol Motor Induksi

Motor induksi 3 phase yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3 Spesifikasi Motor Induksi

Spesifikasi Motor Induksi	
Merk	SIEMENS
Tegangan (V)	380
Daya (KW)	8,6 KW
Arus (A)	17,8 A
Frekuensi (Hz)	50HZ
Putaran (RPM)	1440

Pengukuran kandungan harmonisa arus dan tegangan pada motor induksi beroperasi dengan beban penuh, pengukuran Arus motor induksi dilakukan dengan

memasang *Clamp Power Meter* pada masing-masing fasanya. Waktu yang diperlukan untuk pengukuran ialah 15 menit setiap fasanya untuk mendapatkan *Peak Demand*, mendapatkan arus dan tegangan rata-rata yang stabil. Peak demand pada pengukuran motor induksi 8,6 KW, mendapatkan nilai 19,7A dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 2. *Peak Demand* Motor Induksi

Pengukuran arus dan tegangan motor induksi telah didapat, setelah itu melakukan perhitungan *Total Harmonic Distortion* untuk menganalisis tingkat dan standart harmonisa pada motor induksi. Untuk menghitung THD motor induksi dapat dihitung menggunakan persamaan 7.

$$THD_i = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots}}{I_1}$$

Berdasarkan hasil data pengukuran yang diperoleh dapat dimasukkan kedalam persamaan 8 sehingga mendapatkan hasil perhitungannya sebagai berikut :  
Nilai THD pada fasa R :

$$THD_r = \frac{\sqrt{0,938}}{13,85} \times 100\% = 6,98\%$$

Nilai THD pada fasa S :

$$THD_s = \frac{\sqrt{0,8497}}{13,45} \times 100\% = 6,84\%$$

Nilai THD pada fasa T :

$$THD_t = \frac{\sqrt{1,094}}{13,56} \times 100\% = 7,71\%$$

Selanjutnya menghitung besarnya THDv pada masing-masing fasa mendapatkan hasil sebagai berikut :

Nilai THDv pada fasa R :

$$THD_r = \frac{\sqrt{130,94}}{228,8} \times 100\% = 5\%$$

Nilai THDv pada fasa S :

$$THD_s = \frac{\sqrt{104,12}}{226} \times 100\% = 4,5\%$$

Nilai THDv pada fasa T

$$THD_t = \frac{\sqrt{102,08}}{229} \times 100\% = 4,4\%$$

Setelah *Total Harmonic Distortion* didapat selanjutnya melakukan TDD yang terkandung pada motor induksi. TDD motor induksi mendapatkan hasil sebagai berikut :

$$TDD = \frac{\sqrt{0,966^2 + 0,919^2 + 1,045^2}}{19,7} = 8,59\%$$

Selanjutnya menghitung individual harmonisa setiap fasa, mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Individual Harmonic Motor Induksi

Hasil Individual Harmonic Motor Induksi	
Fasa	Hasil
R	0,966
S	0,919
T	1,045

Selanjutnya menghitung I<sub>sc</sub>/I<sub>L</sub> setiap fasa, hasil dan perhitungan I<sub>sc</sub>/I<sub>L</sub> sebagai berikut :

$$\frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{I_{MCB}}{I_L}$$

I<sub>sc</sub>/I<sub>L</sub> pada fasa R :

$$\frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{17A}{13,85A} = 1,22$$

I<sub>sc</sub>/I<sub>L</sub> pada fasa S :

$$\frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{17A}{13,45A} = 1,26$$

I<sub>sc</sub>/I<sub>L</sub> pada fasa T:

$$\frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{17A}{13,56A} = 1,25$$

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan perhitungan terhadap beban non linier motor dapat disimpulkan arus dan tegangan pada motor induksi 3phasa dengan daya 8,6KW didapat nilai THD arus setiap fasa sebesar 6,98% fasa R, 6,84% fasa S dan 7,71% fasa T. Maka THD arus melebihi standar yang di tentukan IEEE519, untuk standar arus yang diperbolehkan yaitu 5%. Untuk nilai THD tegangan setiap fasa sebesar 5% fasa R, 4,5% fasa S dan 4,4% fasa T. Maka dari hasil pengukuran THD tegangan masih dibawah standar

yang ditentukan IEE519, untuk THD tegangan yang diperbolehkan yaitu 5% karena dibawah <69Kv.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Afif, S., Sukerayasa, I. W., & Ariastina, W. G. 2018. **Analisis Pengaruh Harmonisa terhadap Rugi-Rugi Daya pada Sistem Tegangan Rendah dan Transformator GR088 di Penyulang Menjangan.** *Jurnal SPEKTRUM*, 5(2), 1. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p01>
2. Amalia, R., & Nazir, R. 2015. **Pemodelan dan Simulasi Beban Non-Linier 3-Fasa.** 4(2), 165–171.
3. Assaffat Luqman. 1979. **Tingkat distorsi harmonisa pada lampu essensial yang berbeda merk.** *Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Semarang*, 3(1).
4. Bukit, F. R. A. 2017. **Analisa Harmonisa pada Karakteristik Motor Induksi 3 Fasa.** *Issn*, 01(02), 65–75.
5. Dermawan, E., Firdaus, M. A., & Ramadhan, A. I. 2016. **Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Kabel 'Nya.'** *Jurnal Teknologi*, 8(2), 93. <https://doi.org/10.24853/jurtek.8.2.93-100>
6. Galave, S. G., Dadas, S. D., Bandgar, S. N., & Mangate, S. D. 2018. **Power Quality Analysis Characterization of Different Types of Lamp Used for Domestic and Industrial Purpose.** *Proceedings of the 2nd International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2018, Icoei*, 1501–1506. <https://doi.org/10.1109/ICOEI.2018.8553921>
7. IEEE Std 519. 2014. **IEEE Std 519-2014 (Revision of IEEE Std 519-1992), IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems.** *IEEE Std 519-2014 (Revision of IEEE Std 519-1992)*, 2014, 1–29. <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=6826457>
8. Merta, W. A., Janardana, I. G. N., & Wijaya, I. W. A. 2017. **Analisis Pemasangan Filter Pasif Untuk Menanggulangi Distorsi Harmonisa Terhadap Beban Non Linier Di PT.Wisesa Group.** *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(2), 88. <https://doi.org/10.24843/mite.2017.v16i02p16>
9. Permana, S. A. 2014. **Analisis Penggunaan Ballast Elektronik Untuk Penghematan Energi Listrik Pada Beban Penerangan.,** 16(2), 99–105. <https://doi.org/10.12777/transmisi.16.2.99-105>
10. setiawan, awan. 2007. **Kajian Pengaruh Harmonisa Terhadap Sistem Tenaga Listrik.** In *Eltek* (Vol. 05, Issue 02, pp. 22–31). <https://www.mendeley.com/viewer/?fileId=74ef4155-f8cc-fb0d-6379-c68acc1c2fca&documentId=014e8cab-9316-3efc-8287-45b54ec4e63f>
11. Sugiarto, H. 2012. **Kajian Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak.** *Vokasi*, 8(2), 80–89.
12. Supriono, & I Nyoman Wahyu Satiawan. 2005. **Peningkatan Kinerja Lampu TL (Fluorescent) pada Catu Daya dengan Regulasi Tegangan Buruk.** *Jurnal Teknik Elektro*, 5(2), 59–66. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/elk/article/view/16294>
13. Zondra, E., Tanjung, A., & . A. 2017. **Pengaruh Tegangan Sumber Dan Beban Terhadap Tingkat Harmonisa Pada Motor Induksi Tiga Fasa.** *SainETIn*, 1(1), 17–24. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v1i1.167>