

## DAMPAK HARMONISA TERHADAP PENINGKATAN TEMPERATUR TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 1000 KVA DI POLITEKNIK ENJINERING INDORAMA

Aris Suryadi

Program Studi Teknik Elektro  
Politeknik Enjinereng Indorama  
Email: aris.suryadi@pei.ac.id

### ABSTRAK

Transformator distribusi memiliki peran penting dalam mendistribusikan tenaga listrik sehingga peran transformator ini untuk beroperasi dengan baik harus dalam kondisi stabil. Salah satu kondisi yang mengganggu beroperasinya adalah gangguan harmonisa yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Kandungan harmonisa yang tinggi pada jaringan sistem tenaga listrik akan menyebabkan transformator distribusi mengalami temperatur berlebih dan apabila tidak segera ditangani maka usia pengoperasian transformator lebih singkat. Salah satu perangkat yang dapat merusak transformator distribusi adalah beban non-linear, diantaranya yang terdapat pada Kampus Politeknik Enjinereng Indorama sebagai sebagian penyumbang harmonisa yang terjadi seperti komputer, refrigerator, air conditioning disetiap ruang kelas, peralatan elektronika laboratorium, serta *Adjustable Speed Drive (ASD)* yang terdapat pada unit mesin *Drawn Texture Yarn (DTY)*. Penelitian ini dilakukan dengan metode pengukuran untuk mengetahui harmonisa dan pengaruhnya terhadap peningkatan temperatur pada transformator distribusi 1000 kVA yang terdapat di area Politeknik Enjinereng Indorama dengan cara melakukan pengukuran harmonisa pada transformator distribusi dalam keadaan berbeban. Pembebanan transformator sesuai dengan beban operasional dalam melaksanakan kegiatan akademik dan administratif serta laboratorium.

**Kata kunci:** harmonisa, temperatur, transformator.

### ABSTRACT

*Distribution transformer has an important role in distributing electrical power so that the role of this transformer to operate properly should be in a stable condition. One of the conditions that disrupt the operation is a harmonic disturbance that occurs in electric power distribution system as a result of the current and voltage waveform distortion. High harmonic content in the network system will cause the electric power distribution transformer experiencing excessive temperatures and if not promptly treated, the age of the operation of the transformer more singkat. One of device that can damage the distribution transformer is non-linear loads, such as that contained in the Polytechnic Campus engineering Indorama as a partial contributor to the harmonics that occur as a computer, refrigerator, air conditioning in every classroom, laboratory electronic equipment, as well as Adjustable Speed Drives (ASD) contained in the engine unit Drawn Texture Yarn (DTY). This study aims to determine the harmonics and the effect on temperature increase on 1000 kVA distribution transformer contained in the area of engineering Polytechnic Indorama by metode using the measurement of harmonics on the distribution transformer in a state loaded. Transformer loading in accordance with the operational expenses in implementing the administrative and academic activities and laboratorium.*

**Keywords:** harmonics, temperature, transformer.

### 1. PENDAHULUAN

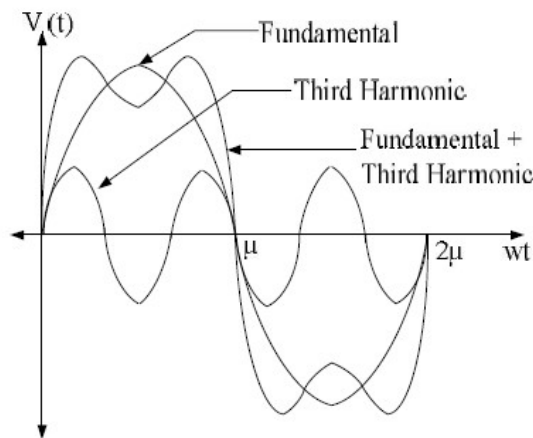
Tingginya persentase kandungan harmonisa arus dan tegangan pada suatu sistem tenaga listrik dapat menyebabkan timbulnya beberapa persoalan harmonisa yang serius pada sistem tersebut dan lingkungannya [7][1].

Beberapa persoalan tersebut antara lain : terjadinya resonansi pada sistem yang merusak kapasitor kompensasi faktor daya. Selain itu dapat juga menimbulkan beberapa hal, seperti : mengakibatkan faktor daya sistem menjadi lebih buruk, menimbulkan interferensi terhadap sistem telekomunikasi, meningkatkan rugi-rugi sistem, menimbulkan berbagai macam kerusakan pada peralatan listrik yang sensitif, berakibatkan penggunaan energi menjadi tidak efektif [9][10].

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik yang disebabkan adanya distorsi gelombang arus dan tegangan [5]. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya.[11][4].

Pada kenyataannya keberadaan harmonik ini mengakibatkan salah satu kerugian pada transformator distribusi, harmonik adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Hal tersebut dinamakan frekuensi harmonik yang timbul pada bentuk gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar dinamakan angka urutan harmonik. Contoh, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonik keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, harmonik ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Jika frekuensi pada 50 Hz dikatakan frekuensi fundamental atau frekuensi dasar ( $f$ ), maka jika gelombang tersebut mengalami distorsi bila mengalami kelipatan frekuensi dari frekuensi dasarnya, misalnya harmonik kedua ( $2f$ ) pada 100 Hz, ketiga ( $3f$ ) pada 150 Hz dan harmonik ke- $n$  memiliki frekuensi  $nf$ [2].

Gelombang-gelombang ini akan menumpang pada gelombang frekuensi dasarnya dan akan terbentuk gelombang cacat yang merupakan penjumlahan antara gelombang murni dengan gelombang harmonik ke-3 seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Gelombang Fundamental Yang Terdistorsi Harmonisa Ke-3**

Pada gambar 1 diperlihatkan bentuk gelombang fundamental yang terdistorsi harmonisa ke-3. Sebagai acuan standar harmonisa yang digunakan adalah standar IEEE 519. 1992, “*IEEE Recommended Practices and Requirement for Harmonic Control in Electric in Electrical Power System*”. Berdasarkan standar IEEE 519. 1992 ada kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa, yakni batasan untuk harmonisa arus dan batasan harmonisa tegangan seperti diperlihatkan pada tabel 1 dan tabel 2.

**Tabel 1. Standar harmonisa arus [6]**

<i>System Voltage</i>	<i>Isc/ILOAD</i>	<i>THDI (%)</i>
$V_{rms} \leq 69$ kV	< 20	5.0
	20-50	8.0
	50-100	12.0
	100-1000	15.0
	> 1000	20.0
69 kV < $V_{rms} \leq$ 161 kV	< 20	2.5
	20-50	4.0
	50-100	6.0
$V_{rms} >$ 161 kV	100-1000	7.5
	> 1000	10.0
	< 50	2.5
	$\geq 50$	4.0

Dimana :

$I_{SC}$  = Maximum Short Circuit Current at the Bus

$I_{LOAD}$  = Maximum Demand Load Current of the Fundamental Frequency at the Bus

**Tabel 2. Standar harmonisa tegangan [6]**

System Voltage	IHD <sub>v</sub> (%)	THD <sub>v</sub> (%)
V <sub>rms</sub> ≤ 69 kV	3.0	5.0
69 kV < V <sub>rms</sub> ≤ 161 kV	1.5	2.5
V <sub>rms</sub> > 161 kV	1.0	1.5

Dimana :

IHD<sub>v</sub> = Individual Harmonic Distortion Voltage

THD<sub>v</sub> = Total Harmonic Distortion Voltage

Adapun nilai THD Arus adalah :

$$THD_I = \frac{\sqrt{I_h^2}}{I_f} \tag{1}$$

Dimana :

$I_f$  = komponen fundamental

$I_h$  = komponen harmonisa

Dan nilai THD Tegangan adalah :

$$THD_V = \frac{\sqrt{V_h^2}}{V_f} \tag{2}$$

Dimana :

$V_f$  = komponen fundamental

$V_h$  = komponen harmonisa

Persamaan (1) dan (2) merupakan persamaan untuk menentukan nilai THD tegangan dan arus. Kontribusi masing-masing komponen harmonik terhadap distorsi arus dan tegangan dinyatakan oleh IHD (*Individual Harmonic Distortion*). Nilai IHD untuk harmonik arus dan tegangan pada orde ke-n didefinisikan sebagai berikut :

$$\frac{I_h}{I_f} \text{ dan } \frac{V_h}{V_f} \tag{3}$$

TDD merupakan distorsi harmonik arus total yang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$TDD = \frac{\sqrt{I_h^2}}{I_f} \tag{4}$$

Terdapat dua cara untuk mengukur  $I_L$ , pertama yaitu pada beban yang telah terpasang pada sistem lalu dihitung nilai rata-rata dari arus beban maksimum dari 12 bulan sebelumnya. Sedangkan untuk sistem yang baru,  $I_L$  harus diperkirakan berdasarkan profil beban yang akan dipasang. nilai  $I_L$  dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$I_L = \frac{KW}{PF \cdot kV} A \tag{5}$$

Dimana :

kW = permintaan rata-rata kilowatt

PF = rata-rata faktor daya

kV = tegangan line-to-line

Transformator dirancang untuk menyalurkan daya yang dibutuhkan ke beban dengan rugi-rugi minimum pada frekuensi fundamentalnya. Arus dan tegangan harmonisa secara signifikan akan menyebabkan panas lebih. Ada dua pengaruh yang ditimbulkan panas lebih pada transformator ketika arus beban mengandung komponen harmonisa sebagai berikut :

- a) Harmonisa arus menyebabkan meningkatnya rugi-rugi tembaga yang dinyatakan dengan :

$$P_{CU} = \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2 R_n \tag{6}$$

Dimana :

$P_{CU}$  = Rugi-rugi tembaga

$I_n$  = Arus pada belitan trafo

$R_n$  = Tahanan pada belitan trafo

- b) Harmonisa tegangan menyebabkan meningkatnya rugi-rugi besi, seperti arus pusar dan rugi-rugi *hysteresis*. *Eddy current* (arus pusar) terjadi apabila inti dari sebuah material jenis ferromagnetik (besi) secara elektrik bersifat konduktif. Kosentrasi arus pusar lebih tinggi pada ujung-ujung belitan transformator karena efek kerapatan medan magnet bocor pada kumparan yang menyebabkan fenomena terjadinya arus pusar tersebut.

Bertambahnya rugi-rugi arus pusar karena harmonisa berpengaruh pada temperature kerja transformator yang terlihat pada besar rugi-rugi daya nyata (watt) akibat arus pusar tersebut.

$$P_{CU} = P_{EC-R} \sum_{h=1}^{\infty} I_h^2 h^2 \tag{7}$$

Dimana :

$h$  = bilangan bulat orde harmonisa

$P_{EC}$  = rugi-rugi arus pusar

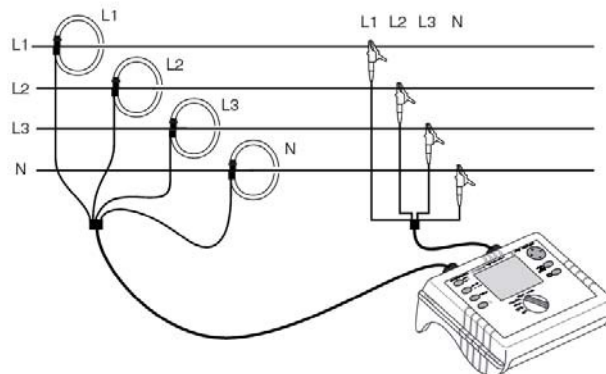
$P_{EC-R}$  = faktor rugi-rugi pusar

$I_h$  = arus rms harmonisa ke- $h$

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pengukuran kandungan harmonisa arus dan tegangan menggunakan alat ukur digital *Power Quality Analyzer Fluke 43B*. Tampilan hasil pengukuran dari alat ini dapat berbentuk gelombang, spektrum yang terjadi pada tiap-tiap orde harmonisa dan berbentuk teks. Selanjutnya hasil pengukuran dibandingkan dengan standar harmonik yang diperkenankan berdasarkan standar IEEE 519. 1992, kemudian dilakukan analisa.

Adapun tahapan pengukuran harmonisa arus dan tegangan menggunakan digitalFluke 1735 Three-Phase Electrical Energy Logger seperti terlihat pada gambar 2 sebagai berikut :



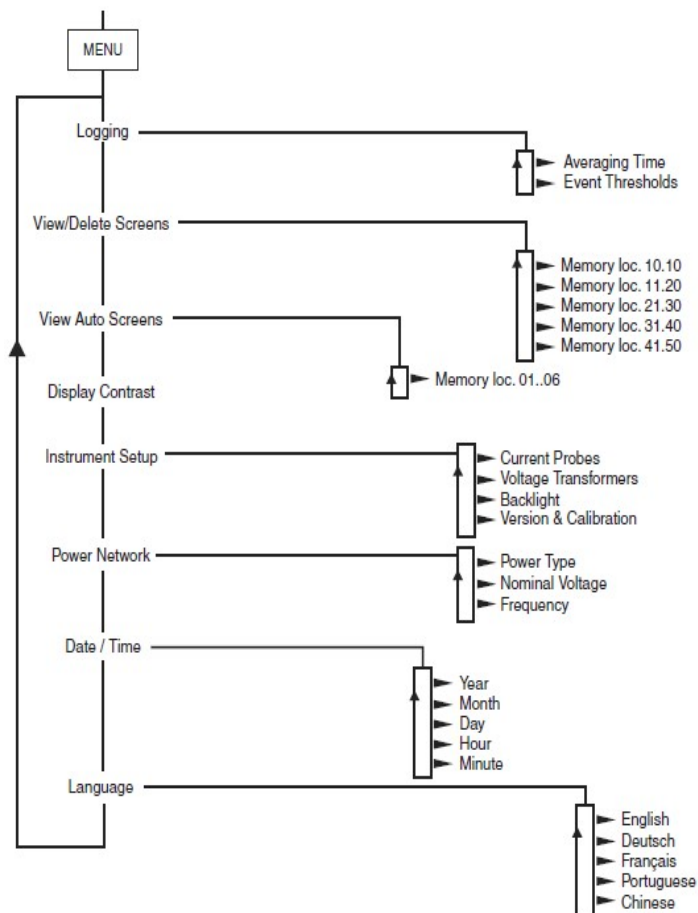
Gambar 2. Tahapan Pengukuran dengan Fluke 1735 Three-Phase Electrical Energy Logger

Seperti halnya pada gambar 2 untuk pemasangan alat Fluke 1735 Three-Phase Electrical Energy Logger dapat diperlihatkan pada gambar 3 dimana penempatan ke tiga lead pada masing-masing kabel phasa dan satu buah pada kabel netral sedangkan lead lainnya dijepitkan pada masing-masing phasa dan netral yang sesuai.



**Gambar 3. Pengukuran Harmonisa Pada *Outgoing Transformator 1000 kVA Ke Cubicle Panel Dengan Menggunakan Fluke 1735 Three-Phase Electrical Energy Logger***

Adapun tampilan menu-menu yang tersedia pada *Fluke 1735 Three-Phase Electrical Energy Logger* seperti terlihat pada gambar 4, sebagai berikut :



**Gambar 4. Tampilan Otomatis Bergulir *Fluke 1735 Three-Phase Electrical Energy Logger***

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Penelitian

Melalui penggunaan *Fluke 1735 Three-Phase Electrical Energy Logger* dilakukan pengukuran arus, tegangan, daya, faktor daya, THD<sub>i</sub> %, THD<sub>v</sub> %, dan frekuensi pada masing-masing fasa L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, dan L<sub>3</sub> diperlihatkan pada gambar 5 seperti di bawah ini.



Gambar 5. *Fluke 1735 Three-Phase Electrical Energy Logger*

##### 3.1.1 Hasil Pengukuran Fasa L<sub>1</sub>

Pada tabel 3 diperlihatkan hasil pengukuran tanggal 19 Juli 2016 untuk Tegangan rms (v), Arus rms (A), Arus Netral (A), THD<sub>v</sub>%, THD<sub>i</sub>%, frekuensi (Hz), P(kW), S(kVA), Q(kVAR), PF pada fasa L<sub>1</sub>.

Tabel 3. Pengukuran Tanggal 19 Juli 2016 pada Fasa L<sub>1</sub>.

Parameter	Waktu Pengukuran		
	09:00	11:00	14:00
Tegangan rms (v)	240.4	240.0	239.8
Arus rms (A)	410.6	409.3	417.9
Arus Netral (A)	71.68	71.04	75.52
THD <sub>v</sub> (%)	3.3	3.1	3.6
THD <sub>i</sub> (%)	20.2	10.1	11
Frekuensi (Hz)	50.01	49.98	50.04
P (kW)	74.53	79.33	82.22
S (kVA)	89.77	92.18	95.48
Q (kVAR)	47.52	48.55	48.22
PF	0.838	0.811	0.866

Pada tabel 4 diperlihatkan hasil pengukuran tanggal 20 Juli 2016 untuk Tegangan rms (v), Arus rms (A), Arus Netral (A), THD<sub>v</sub>%, THD<sub>i</sub>%, frekuensi (Hz), P(kW), S(kVA), Q(kVAR), PF pada fasa L<sub>1</sub>.

**Tabel 4. Pengukuran Tanggal 20 Juli 2016 pada Fasa L<sub>1</sub>.**

<i>Parameter</i>	<i>Waktu Pengukuran</i>		
	<i>09:00</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>
Tegangan rms (v)	234	233.6	233.4
Arus rms (A)	495.4	495.4	488.3
Arus Netral (A)	67.52	71.36	65.28
THDv (%)	2.7	3.4	3.4
THDi (%)	12.4	4.6	8.6
Frekuensi (Hz)	50.01	50.1	49.95
P (kW)	95.26	93.89	90.25
S (kVA)	108.7	110.4	106.1
Q (kVAR)	56.28	55.36	56.34
PF	0.862	0.862	0.854

### 3.1.2 Hasil Pengukuran Fasa L<sub>2</sub>

Pada tabel 5 diperlihatkan hasil pengukuran tanggal 19 Juli 2016 untuk Tegangan rms (v), Arus rms (A), Arus Netral (A), THDv%, THDi%, frekuensi (Hz), P(kW), S(kVA), Q(kVAR), PF pada fasa L<sub>1</sub>.

**Tabel 5. Pengukuran Tanggal 19 Juli 2016 pada Fasa L<sub>2</sub>**

<i>Parameter</i>	<i>Waktu Pengukuran</i>		
	<i>09:00</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>
Tegangan rms (v)	241.5	241	241
Arus rms (A)	347.5	361.3	358.1
Arus Netral (A)	71.68	71.04	75.52
THDv (%)	3.5	2.4	2.8
THDi (%)	7.7	9.2	26.6
Frekuensi (Hz)	50.01	49.98	50.4
P (kW)	60.97	69.91	64.15
S (kVA)	76.98	80.36	80.05
Q (kVAR)	43.64	45.87	45.45
PF	0.799	0.823	0.823

**Tabel 6. Pengukuran Tanggal 20 Juli 2016 pada Fasa L<sub>2</sub>**

<i>Parameter</i>	<i>Waktu Pengukuran</i>		
	<i>09:00</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>
Tegangan rms (v)	235	234.5	234.1
Arus rms (A)	452.2	471	469.8
Arus Netral (A)	67.52	71.36	65.28
THDv (%)	4.1	3.6	3.3
THDi (%)	8.8	4.6	8.5
Frekuensi (Hz)	50.01	50.1	49.95
P (kW)	87.62	90.6	91.23
S (kVA)	99.23	105.2	105.4
Q (kVAR)	55.78	55.36	57.22
PF	0.820	0.842	0.83

### 3.1.3 Hasil Pengukuran Fasa L3

Pada tabel 7 diperlihatkan hasil pengukuran tanggal 19 Juli 2016 untuk Tegangan rms (v), Arus rms (A), Arus Netral (A), THDv%, THDi%, frekuensi (Hz), P(kW), S(kVA), Q(kVAR), PF pada fasa L<sub>3</sub>.

**Tabel 7. Pengukuran Tanggal 19 Juli 2016 pada Fasa L<sub>3</sub>**

<i>Parameter</i>	<i>Waktu Pengukuran</i>		
	<i>09:00</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>
Tegangan rms (v)	241	240.6	240.4
Arus rms (A)	338.6	342.4	331.5
Arus Netral (A)	71.68	71.04	75.52
THDv (%)	3.3	3.3	2.8
THDi (%)	22	8.9	23.5
Frekuensi (Hz)	50.01	49.98	50.04
P (kW)	58.31	63.16	60.20
S (kVA)	74.38	76.63	76.62
Q (kVAR)	43.56	44.87	43.15
PF	0.794	0.811	0.810

Pada tabel 8 diperlihatkan hasil pengukuran tanggal 20 Juli 2016 untuk Tegangan rms (v), Arus rms (A), Arus Netral (A), THDv%, THDi%, frekuensi (Hz), P(kW), S(kVA), Q(kVAR), PF pada fasa L<sub>3</sub>.

**Tabel 8. Pengukuran Tanggal 20 Juli 2016 pada Fasa L<sub>3</sub>**

<i>Parameter</i>	<i>Waktu Pengukuran</i>		
	<i>09:00</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>
Tegangan rms (v)	234.5	234.2	233.8
Arus rms (A)	433.3	433.9	433.6
Arus Netral (A)	67.52	71.36	65.28
THDv (%)	3.2	3.4	3.4
THDi (%)	7.5	3.6	9.7
Frekuensi (Hz)	50.01	50.1	49.95
P (kW)	79.27	79.32	82.08
S (kVA)	94.25	94.98	95.61
Q (kVAR)	53.88	53.24	53.86
PF	0.817	0.82	0.83

## 3.2 Pembahasan

### 3.2.1 Pengukuran Arus

Pada tabel 9 diperlihatkan pengukuran arus untuk masing-masing fasa dan netral pada tanggal 19 Juli 2016.

**Tabel 9. Pengukuran Arus Tanggal 19 Juli 2016**

<i>Waktu Pengukuran</i>	<i>Arus Fasa (Ampere)</i>			
	<i>IL<sub>1</sub></i>	<i>IL<sub>2</sub></i>	<i>IL<sub>3</sub></i>	<i>IN</i>
09:00	410.6	347.5	338.6	1.68
11:00	409.3	361.3	342.4	71.04
14:00	417.9	358.1	331.5	75.52

Pada tabel 10 diperlihatkan hasil perhitungan rata-rata arus dari hasil pengukuran arus masing-masing fasa dari waktu masing-masing pada saat pengukuran.



**Tabel 10. Rata-rata Pengukuran Arus Tanggal 19 Juli 2016**

<i>Parameter</i>	<i>Waktu</i>		
	<i>09:00</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>
Arus Rata-rata	365.56 A	371.00 A	369.10 A

Pada tabel 11 diperlihatkan pengukuran arus untuk masing-masing fasa dan netral pada tanggal 20 Juli 2016.

**Tabel 11. Pengukuran Arus Tanggal 20 Juli 2016**

<i>Pengukuran</i>	<i>Arus Fasa (Ampere)</i>			
	<i>IL<sub>1</sub></i>	<i>IL<sub>2</sub></i>	<i>IL<sub>3</sub></i>	<i>IN</i>
09:00	495.4	452.2	433.3	67.52
11:00	495.4	471	433.9	71.36
14:00	488.3	469.8	433.6	65.28

Pada tabel 12 diperlihatkan hasil perhitungan rata-rata arus dari hasil pengukuran arus masing-masing fasa dari waktu masing-masing pada saat pengukuran.

**Tabel 12. Rata-rata Pengukuran Arus Tanggal 20 Juli 2016**

<i>Parameter</i>	<i>Waktu</i>		
	<i>09:00</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>
Arus Rata-rata	460.4 A	466.7 A	469.9 A

### 3.2.2 Pengukuran Tegangan

Pada tabel 14 diperlihatkan hasil pengukuran tegangan dari masing-masing fasa dan netral pada tanggal 19 Juli 2016.

**Tabel 14. Pengukuran Tegangan Tanggal 19 Juli 2016**

<i>Pengukuran</i>	<i>Tegangan Fasa Netral</i>		
	<i>VL<sub>1</sub> (v)</i>	<i>VL<sub>2</sub> (v)</i>	<i>VL<sub>3</sub> (v)</i>
09:00	240.4	241.5	241
11:00	240	241	240.6
14:00	239.8	241	240.4

Pada tabel 15 diperlihatkan hasil perhitungan tegangan rata-rata dari hasil pengukuran tegangan masing-masing fasa dari waktu masing-masing pada saat pengukuran.

**Tabel 15. Rata-rata Pengukuran Tegangan Tanggal 19 Juli 2016**

<i>Parameter</i>	<i>Waktu</i>		
	<i>09:00</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>
Tegangan Rata-rata	240.96 v	240.53 v	240.4 v

Pada tabel 16 diperlihatkan hasil pengukuran tegangan dari masing-masing fasa dan netral pada tanggal 20 Juli 2016.

**Tabel 16. Pengukuran Tegangan Tanggal 20 Juli 2016**

<i>Waktu</i>	<i>Tegangan Fasa Netral</i>		
	<i>Pengukuran</i>	<i>VL<sub>1</sub> (v)</i>	<i>VL<sub>2</sub> (v)</i>
09:00	234	235	234.5
11:00	233.6	234.5	234.2
14:00	233.4	234.1	233.8

Pada tabel 17 diperlihatkan hasil perhitungan tegangan rata-rata dari hasil pengukuran arus masing-masing fasa dari waktu masing-masing pada saat pengukuran.

**Tabel 17. Rata-rata Pengukuran Tegangan Tanggal 20 Juli 2016**

<i>Parameter</i>	<i>Waktu</i>		
	<i>09:00</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>
Tegangan Rata-rata	234.5 v	234.1 v	233.76 v

Berdasarkan data hasil pengukuran dapat diamati bahwa beban pada Kampus Politeknik Enjineri Indorama dalam kondisi tidak seimbang. Hal ini ditandai terjadinya perbedaan nilai arus dan daya pada setiap fasa. Beban terbesar terjadi tanggal 20 Juli 2016 pada pukul 9:00 dan pukul 11:00 pada fasa L<sub>1</sub> dimana arus pada fasa L<sub>1</sub> sebesar 495.4 A.

Tegangan yang diijinkan turun sebesar 10% dan naik sebesar 5% dari tegangan standar 220V dengan demikian tegangan masih dalam batas tegangan yang diperbolehkan berkisar antara 198-231 v. Dimana hasil pengukuran berada tanggal 19 dan 20 Juli 2016 tegangan untuk fasa L<sub>1</sub>, fasa L<sub>2</sub>, dan fasa L<sub>3</sub> diatas ambang yang diizinkan 198-231 v.

Pada tabel 18 diperlihatkan hasil pengukuran harmonisa arus dan tegangan pada tanggal 19 Juli 2016 dari waktu masing-masing pada saat pengukuran.

**Table 18. THDv(%) dan THDi(%) Tanggal 19 Juli 2016**

<i>Parameter</i>	<i>9:00</i>			<i>11:00</i>			<i>14:00</i>		
	<i>L<sub>1</sub></i>	<i>L<sub>2</sub></i>	<i>L<sub>3</sub></i>	<i>L<sub>1</sub></i>	<i>L<sub>2</sub></i>	<i>L<sub>3</sub></i>	<i>L<sub>1</sub></i>	<i>L<sub>2</sub></i>	<i>L<sub>3</sub></i>
THDv(%)	3.3	3.5	3.3	3.1	2.4	3.3	2.8	2.8	2.8
THDi(%)	20.2	7.7	22	10.1	9.2	8.9	11	26.6	23.5

Terlihat pada tabel 18 menunjukkan nilai % THDv pada kampus Politeknik Enjineri Indorama terendah 2.4 % terdapat pada fasa L<sub>2</sub>, di tanggal 19 Juli 2016, pukul 11:00. Sedangkan pada tabel 19 nilai % THDv pada kampus Politeknik Enjineri Indorama tertinggi 4.1 % terdapat pada fasa L<sub>2</sub>, di tanggal 20 Juli 2016, pukul 09:00. Bila mengacu kepada standar %THDv 5%, maka %THDv pada Kampus Politeknik Enjineri Indorama saat ini masih memenuhi standar yang diizinkan

Pada tabel 19 diperlihatkan hasil pengukuran harmonisa arus dan tegangan pada tanggal 20 Juli 2016 dari waktu masing-masing pada saat pengukuran.

**Table 19. THDv(%) dan THDi(%) Tanggal 20 Juli 2016**

<i>Parameter</i>	<i>9:00</i>			<i>11:00</i>			<i>14:00</i>		
	<i>L<sub>1</sub></i>	<i>L<sub>2</sub></i>	<i>L<sub>3</sub></i>	<i>L<sub>1</sub></i>	<i>L<sub>2</sub></i>	<i>L<sub>3</sub></i>	<i>L<sub>1</sub></i>	<i>L<sub>2</sub></i>	<i>L<sub>3</sub></i>
THDv(%)	2.7	4.1	3.2	3.4	3.6	3.4	3.4	3.3	3.4
THDi(%)	12.4	8.8	7.5	4.6	4.6	3.6	8.6	8.5	9.7

Terlihat pada tabel 19 menunjukkan nilai % THDi pada kampus Politeknik Enjineri Indorama terendah 3.6 % terdapat pada fasa L<sub>3</sub>, di tanggal 20 Juli 2016, pukul 11:00. Sedangkan nilai % THDi pada kampus Politeknik Enjineri Indorama tertinggi 26.6 % terlihat pada tabel 18 pada fasa L<sub>2</sub>, di tanggal 19 Juli 2016, pukul 14:00. Bila mengacu kepada standar %THDi 15%, maka %THDi pada Kampus Politeknik Enjineri Indorama saat ini tidak memenuhi standar yang diizinkan

**Tabel 20. Data Pengukuran Suhu Dan THDi(%) serta Irms Tanggal 19 Juli 2016**

Hari Tanggal	Waktu (WIB)	THDi (%)			Irms (A)			Suhu (°C)
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	
19-Jul-16	09.00	20,20	7,70	22,00	410,60	347,50	338,60	63,80
	11.00	10,10	9,20	8,90	409,30	361,30	342,40	53,40
	14.00	11,00	26,60	23,50	417,90	358,10	331,50	48,60
<b>Avg</b>		<b>13,77</b>	<b>14,50</b>	<b>18,13</b>	<b>412,60</b>	<b>355,63</b>	<b>337,50</b>	<b>55,27</b>

**Tabel 21. Data Pengukuran Suhu Dan THDi(%) Serta Irms Tanggal 20 Juli 2016**

Hari Tanggal	Waktu (WIB)	THDi (%)			Irms (A)			Suhu (°C)
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	
20-Jul-16	09.00	12,40	8,80	7,50	495,40	452,20	433,30	51,40
	11.00	4,60	4,60	3,60	495,40	471,00	433,90	46,80
	14.00	8,60	8,50	9,70	488,30	469,80	433,60	47,70
<b>Avg</b>		<b>8,53</b>	<b>7,30</b>	<b>6,93</b>	<b>493,03</b>	<b>464,33</b>	<b>433,60</b>	<b>48,63</b>

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan harmonisa arus (% THDi) pada waktu rentang 2.4 % - 4.1% untuk standar 15 % masih berada diambang diizinkan dan terjadi harmonisa tegangan pada jam rentang (%THDv) 3.6 % - 26.6% untuk standar 5 %. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum kandungan harmonisa tegangan pada Kampus Politeknik Enjineri Indorama berada diatas ambang batas yang di izinkan. Data tersebut menunjukkan bahwa trafo dengan kandungan harmonik yang lebih tinggi maka mengakibatkan panas yang lebih tinggi maka mengakibatkan panas yang lebih tinggi walaupun beban arus lebih kecil.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada pihak yang telah membantu penelitian baik dana, peralatan, maupun tempat yakni kepada Bapak Syafunirwan, HOD Electrical Departmen, Indorama Polyester dan Bapak Dani, Staff Electrical Department CP 1, Indorama Polyester.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Antonino-Daviu, J. A., Corral-Hernandez, J., Resina-Munoz, E. and Climente-Alarcon, V. A study of the harmonics introduces by soft-starters in the induction motor starting using continuous time-frequency transforms. *IEEE International Conference on Industrial Informatis*. 2015; 165-170.
- [2] C. Sankaran, Power Quality, USA ; CRC Press LLC, 2002.
- [3] Dhavitra, Robby. 2014. *Analisis Dampak Total Harmonic Distortion Terhadap Losses Dan Derating Pada Transformator Distribusi Di Fakultas Teknik Universitas Riau*. Fakultas Teknik Universitas Riau. Riau.
- [4] Dugan, Roger C., *Electric Power System Quality*, Second Edition, McGraw-Hill: 2004.
- [5] Iskandar Zulkarnain, *Analisis Pengaruh Harmonisa terhadap Arus Netral, Rugi-rugi dan Penurunan Kapasitas pada Transformator Distribusi*, Universitas Diponegoro, Semarang 2000.
- [6] IEEE std 519-1992. *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*.
- [7] Liu, Y. J., Hung, J. P., Chen, S. I., dan Lin, C. W. A Comparative Study of Modelling AC ELetric Arc by One-dimensional Interpolation for Power System Harmonics Analysis. *International Conference on Mechanics and Mechatronics Research*. 2016; 77: 16002. <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20167716002>.
- [8] Suryadi, Aris. Studi Harmonisa Arus dan Tegangan Listrik pada Kampus Politeknik Enjineri Indorama. *Jurnal Sinergi*. 2016;20(3): 213-222. <http://doi.org/10.22441/sinergi.2016.3.007>
- [9] Syafrudin M, “Analisis Kualitas Daya Sistem Distribusi Tenaga Listrik Perumahan Modern“, *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 2004 : Vol.3 , No. 2.

- [10] Wakileh, GJ, *Power System Harmonics, Fundamental and Filter Design*, Springer Velag Press: 2001.
- [11] Zuhail. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia