

## **Analisis Trafo Scott Mengatasi Penurunan Kapasitas Daya Akibat Distorsi Harmonik**

**Jaka Suprapto<sup>1</sup>; Chairul G. Irianto<sup>2</sup>; Riki Ruli A. Siregar<sup>3</sup>**

<sup>1, 2</sup> Program Pasca Sarjana Teknik Elektro Universitas Trisakti

<sup>3</sup> Institut Teknologi PLN

<sup>1</sup> jakasupraptoac@gmail.com

### **ABSTRACT**

*This study aims to determine Scott's transformer size which is suitable for use in the electrical system of the 4th Floor, F&G Building, Herry Hartanto Building, Faculty of Industrial Technology, Trisakti University. found in the electrical system. The research used is a quantitative and qualitative approach. This quantitative study was used because the researchers wanted to know and calculate the magnitude of the harmonics that occurred on the 4th Floor, F&G Building, Herry Hartanto, Faculty of Industrial Technology, Trisakti University and designed a single passive tuned filter parameter. Whereas qualitative research was used to analyze the comparison between before and after the installation of Scott transformers and their effect on the harmonic value of the 4th Floor, F&G Building, Herry Hartanto, Faculty of Industrial Technology, Trisakti University. The results of this study are the simulation results of the Scott relationship transformer installation can eliminate voltage harmonics so that the electric waves formed into pure sine and Scott transformer connection installation can reduce the highest THD value in panel A, Floor 4, Building F&G, Herry Hartanto Building, Faculty of Technology Industry, Trisakti University from 11.45% to 1.28x10-5%*

**Keywords:** *Harmonics, power quality, load, voltage, transformer, scott*

### **ABSTRAK**

*Penelitian ini bertujuan untuk menetukan besar transformator scott yang cocok digunakan pada sistem kelistrikan Lantai 4, Gedung F&G, Gedung Herry Hartanto, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti., memahami prinsip kerja dari transformator scott dan memahami cara kerja transformator scott dalam mereduksi gangguan distorsi harmonik yang terdapat pada sistem kelistrikan. Penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Penelitian kuantitatif ini digunakan karena peneliti ingin mengetahui dan menghitung besarnya nilai harmonisa yang terjadi pada Lantai 4, Gedung F&G, Herry Hartanto, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti dan merancang parameter-parameter single passive tuned filter. Sedangkan penelitian kualitatif digunakan untuk menganalisa perbandingan antara sebelum dan setelah pemasangan transformator scott serta pengaruhnya pada nilai harmonisa Lantai 4, Gedung F&G, Herry Hartanto, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti. Hasil dari penelitian ini adalah dari hasil simulasi pemasangan transformator hubungan Scott dapat menghilangkan harmonisa tegangan sehingga gelombang listrik yang terbentuk menjadi sinus murni dan pemasangan transformator hubungan Scott dapat mengurangi nilai THD tertinggi di panel A Lantai 4, Gedung F&G, Gedung Herry Hartanto, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti dari 11.45% menjadi 1,28x10<sup>-5</sup> %.*

**Kata kunci:** *Harmonisa, kualitas daya, beban, tegangan, transformator, Scott*

## 1. PENDAHULUAN

Peralatan elektronik listrik memiliki banyak aplikasi di berbagai bidang industri. Sementara itu, permasalahan yang terjadi adalah sumber utama distorsi harmonik sistem tenaga, yang secara negatif mempengaruhi sistem dalam meningkatkan kerugian pada peralatan listrik dan panas berlebih (seperti transformator), kegagalan relay perlindungan, dan kesalahan pada meter listrik [1] - [6]. Berbagai penelitian untuk mengurangi arus harmonis urutan nol di dalam jaringan sistem tenaga listrik telah dilaksanakan. Penelitian tersebut meliputi penggunaan filter aktif, filter elektromagnetik, filter pasif dan kombinasinya. Transformer adalah alat utama dalam sistem tenaga listrik [3]. Trafo yang sedang dikembangkan dan diharapkan dapat menyelesaikan masalah harmonik kualitas listrik di catu daya listrik. Beberapa metode yang menggunakan filter elektromagnetik yang pernah dilakukan dalam penelitian oleh Bhim Singh, 2011[4]. Gangguan distorsi harmonik juga dapat tereduksi bersamaan dengan penggunaan transformator scott pada sistem, karena penggunaan transformator scott pada sistem dapat meratakan gangguan distorsi harmonik yang berasal dari beban sistem.

Penelitian ini merancang model transformator terhubung Scott-T kecil yang memiliki tiga terminal input fase dan terminal output dua fase-empat kawat untuk mengurangi tegangan dan arus tidak seimbang. Untuk memperoleh konstanta dan catu daya murni untuk berbagai aplikasi komersial. Transformator scott digunakan pada tungku industri dengan pasokan daya seimbang transformator Scott juga digunakan dalam sistem traksi kereta api dengan beban tidak seimbang. ini adalah aplikasi besar scott transformator. Untuk mengukur dan membatasi harmonik dalam sistem tenaga listrik. IEEE Std 519-1992, Praktek yang Dianjurkan IEEE dan Persyaratan untuk Kontrol Harmonik pada Listrik Power Systems (IEEE 519) [3], memberikan dasar untuk membatasi harmonik. Harmonisa beban non linier dapat mempengaruhi kualitas daya pada Lantai 4, Gedung F&G, Herry Hartanto, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, dasar peraturan besaran gelombang harmonisa dituangkan dalam standart peraturan IEEE 519-2014 [3].

## 2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

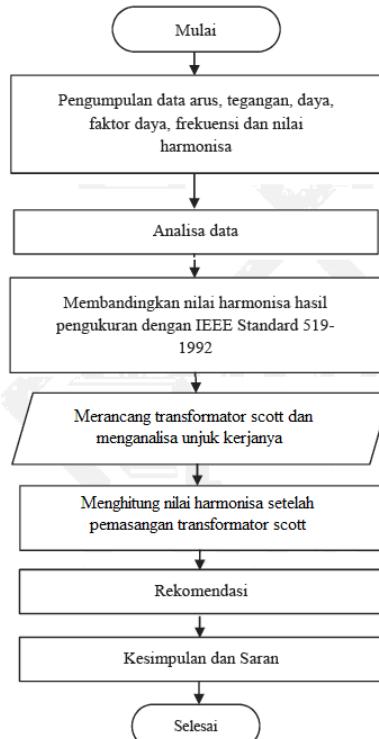
Penelitian ini dilakukan dalam kondisi beban penuh tanpa adanya perbedaan jam penggunaan maksimum ataupun minimum demi mendapatkan nilai gangguan distorsi yang sepenuhnya dan nilai komponen transformator scott yang dapat bertahan dalam kondisi maksimum beban. Standar yang digunakan dalam penelitian ini adalah IEEE 519-2014. Transformator scott akan dipasang pada panel hubung bagi sistem kelistrikan Lantai 4, Gedung F&G, Gedung Herry Hartanto, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti. Pembahasan pada penelitian ini terbatas dalam dari relasi antara pemasangan transformator scott untuk mereduksi gangguan distrosi harmonik (reduksi gangguan distorsi harmonik dan keseimbangan beban 3 fasa setelah pemasangan transformator scott pada sistem kelistrikan).

Tahapan penelitian dimulai dengan pengumpulan data pengukuran kondisi saat ini di Lantai 4, Gedung F&G, Gedung Herry Hartanto, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti. Untuk memperoleh hasil pengukuran yang baik digunakan peralatan yang mendukung yaitu HIOKI Clamp On Power Meter PW3365. Hasil pengukuran dilakukan perhitungan nilai harmonisa dan dilakukan perbandingan dengan standart IEEE 519-1992. Bilamana nilai menunjukkan bahwa harmonisa masih cukup tinggi, maka dilanjutkan dengan upaya mereduksi harmonisa dengan menggunakan transformator hubungan Scott. Dengan desain Transformator Scott dilakukan analisa simulasi dengan menggunakan Matlab/Simulink. Hasil daripada perhitungan dan analisa kemudian dituangkan dalam kesimpulan dan saran untuk memberikan rekomendasi ke pihak yang berkepentingan dalam penelitian ini.

# Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah

Vol. 12, No. 2, Juli - Desember 2020, P-ISSN 1979-0783, E-ISSN 2655-5042  
<https://doi.org/10.33322/energi.v12i2.1085>

Berikut ini adalah uraian detail langkah-langkah dalam metode analisis yang digunakan pada tugas akhir ini, yang digambarkan dalam *flowchart* sebagai berikut:



**Gambar 1.** Tahapan Penelitian

*Individual Harmonic Distortion* (IHD) adalah perbandingan nilai rms dari nilai fundamentalnya, misalkan nilai rms didapat dari harmonic ketiganya adalah 30 A dan harmonik kelimanya adalah 35 A, sedangkan nilai rms dari harmonik fundamentalnya adalah 50 A, maka akan didapat sebagai berikut...

$$\text{IHD}_3 = \frac{I_3}{I_1} \times 100\% \quad (2/1)[7]$$

Maka, IHD ketiga adalah:

$$\text{IHD}_3 = \frac{30}{50_1} \times 100\% = 60\%$$

Dan, IHD kelima adalah:

$$\text{IHD}_5 = \frac{35}{50_1} \times 100\% = 70\%$$

Sedangkan *Total Harmonic Distortion* (THD) adalah perbandingan nilai rms dari seluruh komponen harmonic terhadap nilai rms dari nilai fundamentalnya dan biasanya hasil tersebut dinyatakan dalam persen (%). Nilai dari THD ini dapat digunakan untuk mengukur besarnya penyimpangan dari bentuk gelombang periodik yang mengandung nilai gangguan harmonic dari gelombang sinusoidal murninya. Untuk gelombang sinusoidal sempurna nilai dari THD adalah 0 %. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai THD untuk tegangan dan arus adalah seperti persamaan (2.2) dan (2.3)[8],

$$THD_v = \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2}}{V_1} \times 100\% \quad (2.2) [7]$$

Keterangan:

$V_1$  = Nilai tegangan di orde ke – 2(V)

$V_2$  = Nilai tegangan di orde ke – 3(V)

$V_n$  = Nilai tegangan di orde ke – n(V)

$V_1$  = Nilai tegangan fundamental ( $V_{rms}$ )

$$THD_I = \frac{\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} \times 100\% \quad (2.3) [7]$$

Keterangan:

$I_1$  = Nilai arus di orde ke – 2 (A)

$I_2$  = Nilai arus di orde ke – 3(A)

$I_n$  = Nilai arus di orde ke – n(A)

$I_1$  = Nilai arus fundamental ( $A_{rms}$ )

Dalam melakukan tahapan penelitian, dilakukan pendekatan [8], maka dirangkum langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

Langkah 1: Menghimpun Parameter yang diperlukan meliputi tegangan dan daya masukan, serta tegangan dan daya keluaran yang diperlukan.

$$Turn ratio = T_e = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_1}{N_2} = K \quad (2.33) [8]$$

Langkah 2: Pemilihan ukuran inti

Untuk merancang rasio transformator terisolasi digunakan  $E_t = 1$ , nilai fluks maksimum dihitung dengan rumus-rumus berikut :

$$Maximum Flux = \Phi_m = \frac{E_t}{4.44 \cdot f \cdot T_e} \quad (2.34) [8]$$

Dengan menggunakan nilai kerapatan fluks maksimum  $B_m = 1$

$$Net Core Area (A_C) = \frac{\phi_m}{B_m} \quad (2.35) [27]$$

$$Gross Core Area = A_{ge} = \frac{A_C}{K_s} \quad (2.36) [8]$$

Dimana:

$K_s$  adalah faktor penumpukan (*stacking factor*)

$$Width of centre limb = A = \sqrt{A_{ge}} \quad (2.37) [8]$$

Langkah 3: Menghitung jumlah belitan transformator primer dan sekunder

$$N_p = V_p \cdot x \cdot T_e \quad (2.38) [8]$$

$$N_s = V_s \cdot x \cdot T_e \cdot 1.05 \quad (2.39) [8]$$

Langkah 4: pemilihan ukuran kawat primer dan sekunder

$$I_p = I_s = \frac{Output Ratings(VA)}{\eta \cdot V_p} \quad (2.40) [8]$$

Luas kawat gulungan primer

$$A_p = A_s = \frac{I_p}{\delta} \quad (2.41) [8]$$

Karena kepadatan arus diberikan oleh arus per satuan luas

$$\delta = \frac{I}{A} \quad (2.42) [8]$$

Untuk tembaga kerapatan arus diambil sebagai  $2.3 \text{ A/mm}^2$ .

Diameter konduktor

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} A_p} \quad (2.43) [8]$$

Langkah 5: Faktor langkah (*Step factor*)

$$S_{fp} = 0.8 \left( \frac{d}{d_1} \right)^2 \quad (2.44) [8]$$

Langkah 6: Area Jendela (*Window area*)

Area jendela primer

$$= \frac{N_p A_p}{S_{fs}} \quad (2.45) [8]$$

Area jendela untuk sekunder

$$= 0.8 \left( \frac{N_s A_s}{S_{fs}} \right) \quad (2.46) [8]$$

Trafo Scott adalah sistem 3 kawat tiga fase primer dan sistem sekunder memiliki 2 kawat empat fase. Karena itu belitan pengoda (*teaser*) transformator disadap 86,6% ( $\sqrt{3}/2$ ) dari belitannya. Dan, trafo utama disadap dengan 50% ( $N/2$ ) dari belitannya.

Langkah-langkah untuk merancang transformator scott:

1. Menetapkan Nilai Arus, Tegangan, Daya, Faktor daya dan Frekuensi
2. Pemilihan ukuran inti
3. Pemilihan jumlah belitan primer dan sekunder belitan transformator
4. pemilihan ukuran kawat primer dan sekunder
5. Menghitung *Step factor*
6. Menghitung Window Area
7. Analisa desain transformator scott

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan asumsi bahwa kelistrikan di Lantai 4, Gedung F&G, Herry Hartanto, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti seimbang maka dalam penggambaran bentuk gelombang harmonisa akan diambil sampel dari salah satu hasil pengukuran harmonisa. Data pengukuran yang

dijadikan sampel adalah data hasil pengukuran harmonisa arus di fasa R. Berikut hasil pengukuran gelombang harmonisa arus di fasa R dengan menggunakan perangkat HIOKI *Clamp On Power Meter* PW3365.

**Tabel 1.** Data Pengukuran Harmonisa Arus Panel A

Fasa	1	2	3
Ieff (A)	45.968	49.943	40.405
Veff (V)	221.84	228.05	225.40
P (Kw)	9.9899	10.994	8.743
S (KVA)	10.128	11.339	9.070
PF	0.9768	0.9694	0.9642

**Tabel 2.** Data Pengukuran Harian Panel A

Hrn ke-	I <sub>2</sub> (A)	Hrn ke-	I <sub>2</sub> (A)	Hrn ke-	I <sub>3</sub> (A)	Hrn ke-	I <sub>2</sub> (A)
1	49.943	11	0.614299	21	0.214755	31	0.079909
2	0.839042	12	0.029966	22	0.029966	32	0.009989
3	1.263558	13	0.46447	23	0.129852	33	0.03496
4	0.504424	14	0.044949	24	0.029966	34	0.004994
5	0.679225	15	0.389555	25	0.154823	35	0.024972
6	0.214755	16	0.024972	26	0.039954	36	0.004994
7	0.424516	17	0.374573	27	0.159818	37	0.039954
8	0.059932	18	0.044949	28	0.049943	38	0.009989
9	1.373433	19	0.169806	29	0.10488	39	0.044949
10	0.06992	20	0.039954	30	0.019977	40	0.009989

I<sub>2</sub> merupakan nilai arus hasil pengukuran maksimum dalam amper yaitu pada arus fasa 2.

Berdasarkan rumus 2.2, maka nilai THD arus adalah :

$$THD = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_{40}^2}}{I_1} \times 100\%$$

$$THD = \frac{\sqrt{0.839042^2 + 1.2635582^2 + \dots + 0.009989^2}}{49.943} \times 100\%$$

$$THD = \frac{\sqrt{11.9207}}{49.943} \times 100\%$$

# Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah

Vol. 12, No. 2, Juli - Desember 2020, P-ISSN 1979-0783, E-ISSN 2655-5042  
<https://doi.org/10.33322/energi.v12i2.1085>

$$\text{THD} = 6.91 \%$$

Berdasarkan rumus 2.2, maka nilai THD arus adalah :

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_{40}^2}}{I_1} \times 100\%$$

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{0.839042^2 + 1.2635582^2 + \dots + 0.009989^2}}{49.943} \times 100\%$$

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{11.9207}}{49.943} \times 100\%$$

$$\text{THD} = 6.91 \%$$

**Tabel 3.** Data Pengukuran Harmonisa Arus Panel B

Fasa	1	2	3
Ieff (A)	17.609	16.935	30.048
Veff (V)	222.22	227.97	226.18
P (Kw)	3.896	3.790	6.695
S (KVA)	3.907	3.830	6.726
PF	0.9965	0.9889	0.9995

**Tabel 4.** Data Pengukuran Harian Panel A

Hrn ke-	I <sub>3</sub> (A)	Hrn ke-	I <sub>3</sub> (A)	Hrn ke-	I <sub>3</sub> (A)	Hrn ke-	I <sub>3</sub> (%)
1	30.048	11	0.45072	21	0.051082	31	0.021034
2	2.085331	12	0.021034	22	0.009014	32	0.00601
3	2.154442	13	0.228365	23	0.054086	33	0.009014
4	0.345552	14	0.033053	24	0.009014	34	0.00601
5	1.093747	15	0.216346	25	0.048077	35	0.009014
6	0.093149	16	0.015024	26	0.00601	36	0.00601
7	1.000598	17	0.177283	27	0.045072	37	0.009014
8	0.189302	18	0.018029	28	0.00601	38	0.00601
9	0.537859	19	0.063101	29	0.036058	39	0.009014
10	0.054086	20	0.012019	30	0.00601	40	0.003005

$I_3$  merupakan nilai arus hasil pengukuran maksimum dalam amper yaitu pada arus fasa 3.

$$THD = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_{40}^2}}{I_1} \times 100\%$$

$$THD = \frac{\sqrt{2.085331^2 + 2.154442^2 + \dots + 0.003005^2}}{30.048} \times 100\%$$

$$THD = \frac{\sqrt{11.9959}}{30.048} \times 100\%$$

$$THD = 11.53 \%$$

**Tabel 5.** Dari data pengukuran

Fasa	1	2	3
Ieff (A)	17.609	16.935	30.048
Veff (V)	222.22	227.97	226.18
P (Kw)	3.896	3.790	6.695

Selisih antara arus effisien per fasa dengan arus ideal (tidak ada harmonisa), adalah

Fasa ke 1,  $I = P/V = 3896/222.22 = 17.5322$  A, terjadi selisih 0.0768 A

Fasa ke 2,  $I = P/V = 3790/227.97 = 16.625$  A, terjadi selisih 0.31A

Fasa ke 3,  $I = P/V = 6695/226.18 = 29.6003$  A, terjadi selisih 0.4477 A

Adanya selisih arus menunjukkan bahwa terjadi arus hamonisa pada system kelistrikan.

Dilakukan Pendekatan Nilai  $I_{sc}/I_L$ . Karena data daya rata-rata beban pemakaian selama 12 bulan di Lantai 4, Gedung F&G, Herry Hartanto, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti tidak diperoleh maka untuk memperoleh nilai perbandingan  $I_{sc}/I_L$ . Dalam penelitian ini nilainya dianggap < 20, sehingga batas THD I yang diijinkan menurut standar IEEE 519-1992 adalah harus di bawah 5 %. Dalam penelitian ini fasa R dijadikan sebagai model yang mengandung harmonisa serta tempat dipasangnya transformator Scott. Sumber harmonisa di Lantai 4, Gedung F&G, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti berasal dari penggunaan lampu TL dengan *ballast* elektronik, computer dan peralatan electric maupun elektronik lainnya, untuk keperluan penelitian maka sumber harmonisa ini hanya direpresentasikan pada harmonisa ke 3,

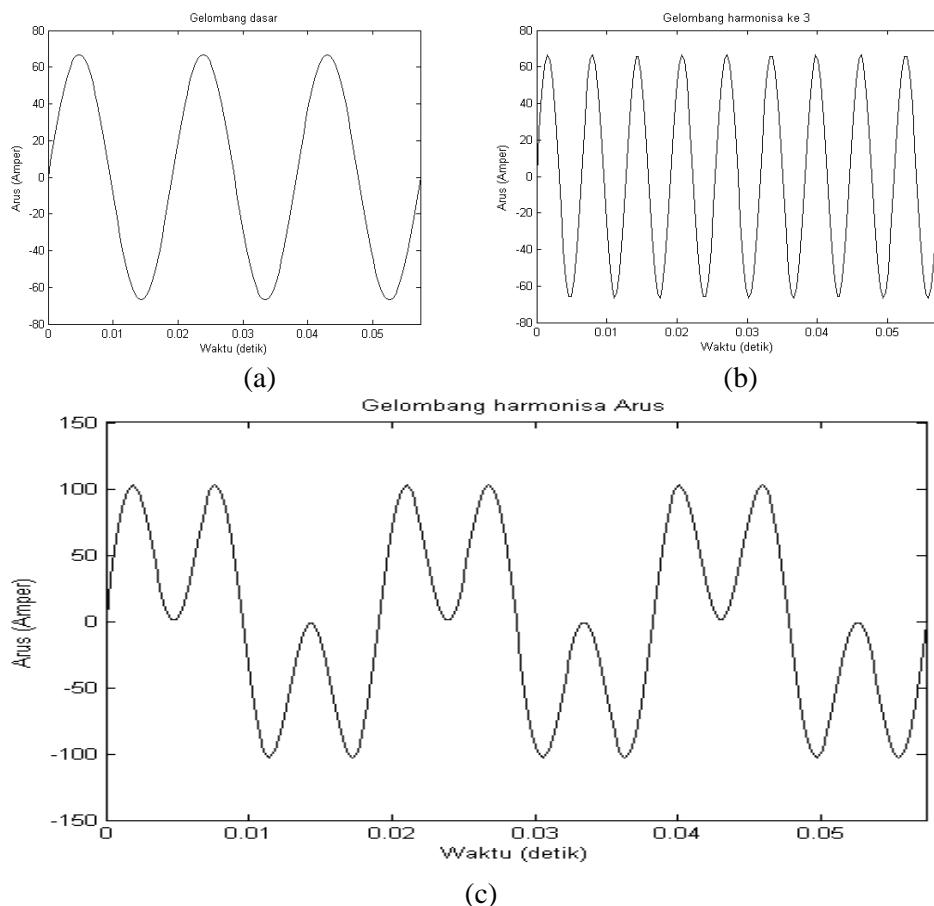
Dari pengukuran penelitian didapatkan data  $I = 66.9$  A (dari arus terbesar sekunder trafo perhitungan keseimbangan beban), dengan frekuensi (f) 50 Hz, maka gelombang listrik dasarnya adalah :

$$x = 66.9 * \sin(2\pi*f*t)$$

dan harmonisa ke 3, adalah :

$$x_3 = 7.43 * \sin(3(2\pi)*f*t) \quad (mengambil 1/9 A, untuk mendekati nilai distorsi hasil pengukuran)$$

Gambar gelombang listriknya seperti pada gambar 2, di bawah ini:



**Gambar 2.** Gambar Harmonisa Arus

- (a) Gelombang dasar ( $f_0$ )
- (b) Gelombang harmonisa ke 3 ( $f_3$ )
- (c) Gelombang harmonisa ( $f_0 + f_3$ )

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah, Nilai  $i_{THD}$  pengukuran di panel A Lantai 4, Gedung F&G, Gedung Harry Hartanto, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti dari 11.45%, yang masih cukup besar melampaui persyaratan IEEE sebesar 5%.. Pemasangan transformator hubungan Scott secara analitik dapat mengurangi nilai  $i_{THD}$  dari 11.722 % menjadi 3.8088 %, dapat memenuhi standart IEEE yaitu kurang dari 5%. Perbedaan arus antar fasa sebesar 0.2 A, hal ini mengindikasikan bahwa keseimbangan fasa dapat dicapai dengan pemasangan trafo Scott.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti yang telah memberi dukungan dalam tempat penelitian yang membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, H. Wayne Beaty, "Electrical Power System Quality", (New York: McGraw-Hill), 1996

- [2] W.M. Grady and S. Santoso, "Understanding Power System Harmonics", IEEE Power Engineering Review, PP.8-11., 2001,
- [3] IEEE PES T&D committee (1996). Guide for applying harmonic limits on power systems. IEEE standard department. New York USA from [http://prof.usb.ve/robert/Archivos\\_Compartidos/Material%20Tecnico/Material%20CSE/IEEE%20519%20-%20P519AD5%20-%201996.pdf](http://prof.usb.ve/robert/Archivos_Compartidos/Material%20Tecnico/Material%20CSE/IEEE%20519%20-%20P519AD5%20-%201996.pdf).
- [4] Bhim Singh, Analysis and Design of Electronic Load Controller for Self-Excited Induction Generators, IEEE Transaction On Energy Conversion, India, 2006.
- [5] Rinas IW, Studi Analisis Losses dan Derating Akibat Pengaruh THD pada Gardu Transformator Daya di Fakultas Teknik Universitas Udayana, Teknologi Elektro. 2012; Vol. 11 (Januari-Juni): 23-29
- [6] Jamaah, Pengaruh Distorsi Harmonik Terhadap Penurunan Kapasitas Daya Trafo Distribusi 3 Fasa 400 kVA di Politeknik Negeri Semarang, 2013
- [7] Arrillaga, J. and N.R. Watson, Power System Harmonics, 2 nd ed., John Wiley & Sons, New York, 2003.
- [8] Adsul, Raykar and Burungale (2019). Design And Analysis Of Scott Connected Transformer. Ijrti | Volume 4, Issue 5 | ISSN: 2456-3315
- [9] Tarmizi.2010."Pengaruh Harmonisa Terhadap Putra .KWH Metel Analog Banda Aceh.Jurnal. Universital Syah Kuala.
- [10] Standard IEEE 519-2014. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems.
- [11] De la Rosa, Francisco. 2006. Harmonics and Power System. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- [12] Ikhsan M. dan Rahardjo, 2014, Harmonisa Peralatan Rumah Tangga Dan Efek Harmonisa Terhadap Penyimpangan Pembacaan kWh Meter Dijital.
- [13] Siregar, Riki Ruli A; Sikumbang, Hengki; Sangadji, Iriansyah BM; KWh Meter Smart Card Model Token For Electrical Energy Monitoring MATEC Web of Conferences21830022018 EDP Sciences.
- [14] Anga, Gite, Bhave, Divya. (2015) Power Factor and Harmonic Analysis in Single Phase AC to DC Converter. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181 IJERTV4IS040599 [www.ijert.org](http://www.ijert.org) (This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.) Vol. 4 Issue 04, April-2015
- [15] Deshpande, (2014). A Mathematical Tool for 3 phase to 2 phase Conversion (Scott Connection) For Unbalanced Load. International Journal of Engineering Studies. ISSN 0975-6469 Volume 6, Number 1 (2014), pp. 63-70 © Research India Publications