

Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering
Universitas Aisyah Pringsewu



Journal Homepage

<http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>



**STUDI ANALISA PERHITUNGAN NILAI HARMONIK TEGANGAN DAN ARUS
PADA BUDDHA TZU CHI HOSPITAL**

Laurensius Richard Mulyadi¹, Insani Abdi Bangsa, S.T., M.Sc²

Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Singaperbangsa Karawang
Richardlaurensius28@gmail.com
labdi.bangsa@ft.unsika.ac.id

ABSTRACT

The occurrence of harmonics is caused by the non-linear operation of the electrical load. The level of harmonic distortion or what is called Total Harmonic Distortion (THD) in a transformer can cause losses that affect the efficiency of the transformer. In this study, THD measurements were carried out on four transformers at Tzu Chi Hospital. This research was conducted using observation, documentation, and direct measurements in the field to analyze within the limits of the IEEE 519-2014 standard. The purpose of this study was to analyze the main electrical system at Tzu Chi Hospital, analyze the value of Total Harmonic Distortion (THD) for voltage analysis. and currents at Tzu Chi Hospital. THDv based on the measurement results are transformer 1 4.8%, transformer 2 2.48%, transformer 3 1.51%, transformer 5 5%. While the THDi results obtained after measurement are transformer 1 20.2%, transformer 2 29.4%, transformer 3 14.78%, transformer 5 37.8%. Even after measurement, THDv was found to conform to the IEEE 519-2014 standard, and THD was found to be non-compliant with the IEEE 519-2014 standard.

Keywords *Total Harmonic Distortion (THD); harmonic; IEEE 519-2014*

ABSTRAK

Timbulnya harmonik disebabkan oleh operasi beban listrik non-linier. Tingkat distorsi harmonik atau yang disebut dengan *Total Harmonic Distortion* (THD) pada suatu trafo dapat menimbulkan rugi-rugi yang mempengaruhi efisiensi trafo. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran THD pada empat trafo di Rumah Sakit Tzu Chi. Penelitian ini dilakukan dengan metode observasi, dokumentasi, dan pengukuran langsung di lapangan untuk menganalisis kesesuaian dengan batasan standar IEEE 519 2014. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sistem kelistrikan utama di Rumah Sakit Tzu Chi, menganalisa perhitungan nilai *Total Harmonic Distortion* (THD) untuk tegangan dan arus di Rumah Sakit Tzu Chi. THDv berdasarkan hasil pengukuran yaitu transformator 1 4,8%, transformator 2 2,48%, transformator 3 1,51%, transformator 5 5%.sedangkan THDi hasil yang didapat setelah dilakukan pengukuran adalah transformator 1 20,2%, transformator 2 29,4%, transformator 3 14,78%, transformator 5 37,8%. Bahkan setelah pengukuran, THDv diketahui sesuai dengan standar IEEE 519 2014, dan THDi diketahui tidak sesuai dengan standar IEEE 519 2014.

Kata Kunci: *Total Harmonic Distortion (THD); harmonik; IEEE 519-2014*

I. PENDAHULUAN

Tenaga listrik merupakan kebutuhan primer yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat, seiring dengan meningkatnya permintaan tenaga listrik, penyedia tenaga listrik juga harus merawat peralatan distribusi tenaga listrik untuk menjaga keandalan dan kontinuitas distribusi tenaga listrik yang baik (Putu I, 2019).

Distribusi listrik Rumah Sakit Buddha Tzu Chi dikelola secara mandiri, listrik yang didapatkan berasal dari PLN dan Genset. Beban yang disuplai terdiri dari berbagai jenis muatan listrik seperti muatan untuk peralatan medis, peralatan elektronik, yang memiliki komponen semikonduktor seperti inverter, komputer, pengisi daya baterai, dll, yang menyebabkan munculnya harmonik (Putu I, 2019). Harmonik yang dibangkitkan pada trafo disebabkan oleh bekerjanya beban listrik non linier. Beban non-linier memiliki bentuk gelombang non-sinusoidal karena telah terdistorsi (Agus W, 2017). Nilai harmonik yang besar dalam jaringan listrik tidak diinginkan karena dapat membahayakan dan dianggap sebagai kegagalan jaringan listrik.

Agar terciptanya kualitas daya listrik yang baik maka dilakukan pemeriksaan dan analisa berdasarkan batasan-batasan standar harmonik dalam sistem tenaga listrik diatur dalam IEEE 519-2014.

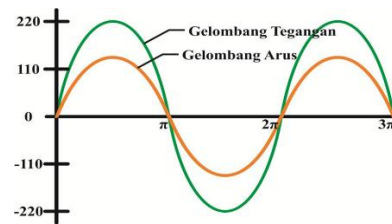
Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dilakukan Studi Analisa Perhitungan Total Harmonic Distortion (THD) pada Buddha Tzu Chi Hospital.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Beban

A. Beban Linier

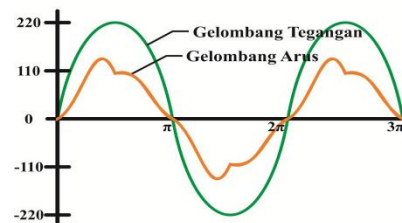
Beban linier adalah beban bentuk gelombang linier. Bentuk gelombang arus mengikuti bentuk gelombang tegangan. Contohnya seperti resistor, lampu pijar, dan lain sebagainya (Putu I, 2019) (Agus W, 2017). Gelombang berbentuk linier ditunjukkan seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bentuk Gelombang Beban Linear

B. Beban Nonlinier

Beban nonlinier adalah beban yang komponen arusnya tidak sebanding dengan komponen tegangannya, sehingga bentuk gelombang arus dan tegangannya tidak sama karena telah terdistorsi (Putu I, 2019) (Agus W, 2017). Contoh beban non linier adalah penyearah, komputer, pengatur kecepatan motor, motor DC, UPS, dan lain-lain. bentuk gelombang nonlinier dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bentuk Gelombang Beban Nonlinier

2.2 Harmonik

Harmonik adalah pembentukan gelombang dengan frekuensi yang berbeda yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasar. Gelombang tegangan dan arus yang semula murni sinusoidal mengalami distorsi sehingga tidak lagi menjadi sinusoidal murni. Sumber harmonik adalah beban non-linier, yang umumnya merupakan perangkat elektronik yang di dalamnya terdapat banyak komponen semikonduktor (Agus W, 2017) (Lubis, 2017).

Salah satu efek paling umum dari gangguan harmonik adalah panas berlebih pada netral dan transformator sebagai akibat dari munculnya harmonik orde ketiga yang dihasilkan oleh peralatan listrik satu fasa. kebalikannya beban tidak linier satu phase akan menyebabkan harmonik kelipatan 3 ganjil yang dianggap triple harmonik (harmonik ke-3, ke-6, ke-9, ke-15 serta seterusnya) yang seringkali dianggap zero sequence harmonik. Harmonik ini tidak menghilangkan arus netral tetapi bisa

membuat arus netral yang lebih tinggi dari arus phase (Syafudin.R, 2018).

Tabel 2.1 Polaritas dari Komponen Harmonik

Harmonik	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Frekuensi (Hz)	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Urutan	+	-	0	+	-	0	+	-	0

Urutan polaritas harmonik ke-1 adalah positif, urutan kepolaran harmonik ke-2 adalah negatif, urutan kepolaran dari harmonik ke-3 adalah nol, dan urutan kepolaran dari harmonik ke-4 adalah positif (berulang-ulang secara berurutan). Selain itu, ada beberapa akibat yang bisa disebabkan oleh adanya harmonik dalam sistem energi listrik, antara lain rusaknya alat-alat listrik, terbakarnya kabel atau konduktor penghantar, dan kegagalan fungsi relay, menurunnya daya transformator, bertambahnya lossestransformator, terjadinya kesalahan pengukuran pada alat ukur kWh meter elektromekanis (Syafudin.R, 2018).

2.3 Standar Harmonik Berdasarkan IEEE 519-2014

Untuk standar THDv yang diperbolehkan diatur sesuai dengan Point of Common Coupling (PCC) dimana tiap tingkatan tegangan memiliki standar yang berbeda-beda, begitu pula dengan THDi yang diatur dengan standar yang berbedabeda sesuai PCC dan perhitungan rasio hubung singkatnya (Agus W, 2017).

Tabel 2.2 Standar THDv IEEE 519-2014

a. Standar THDv IEEE 519-2014

Bus Voltage (V) at PCC	Individual Harmonic (%)	Total Harmonic Distortion (%)
$V \leq 1 \text{ kV}$	5,0	8,0
$1 \text{ kV} < V < 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ kV} < V < 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$161 \text{ kV} < V$	1,0	1,5

Tabel 2.3 Standar THDi IEEE 519-2014

b. Standar THDi IEEE 519-2014

Maximum Harmonic Current Distortion						
Individual Harmonic Order (odd harmonic)						
ISC/IL	$3 \leq h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD (%)
$< 20^\circ$	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
$20 < 50$	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
$50 < 100$	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
$100 < 1000$	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Short Circuit Ratio (SCRatio) merupakan hasil bagi antara arus hubung singkat (ISC) dan arus beban (IL). Adapun persamaan dari SCRatio adalah.

$$SC_{ratio} = \frac{ISC}{IL}$$

Keterangan :

SCRatio : Rasio Hubung Singkat (Short Circuit Ratio)

ISC : Arus Hubung Singkat

IL : Arus Beban Penuh

Untuk arus hubung singkat (ISC) dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$ISC = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV \times Z(\%)}$$

Keterangan :

kVA : Kapasitas Transformator

kV : Tegangan Sekunder Transformator

Z : Impedansi Transformator

Sedangkan untuk arus beban penuh (I_L) dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$I_L = \frac{kW}{PF \times \sqrt{3} \times kV}$$

Keterangan :

PF : Faktor Daya

kW : Total Daya Aktif.

Setelah diketahui PCC nya, maka untuk pengukuran batas THDi menggunakan rumus berikut.

$$THDi = \frac{IL}{LV \text{ Current}} \times TDD$$

Keterangan :

IL : Arus beban penuh

LV Current : kapasitas arus pada Transformator

2.4 Sistem Distribusi tenaga Listrik

Sistem Distribusi ialah sistem yang mendistribusikan tenaga Listrik ke konsumen yang berupa pabrik, industri, perumahan serta sebagainya. Transmisi energi tegangan tinggi dan tegangan ultra tinggi pada saluran transmisi diubah menjadi tegangan distribusi menengah

atau primer di gardu induk dan kemudian kembali ke tegangan konsumen. Sistem Distribusi merupakan rangkaian bagian-bagian komponen listrik yg tergabung satu sama lain mulai dari sisi sekunder pada Gardu Induk sampai sisi tegangan rendah di pelanggan atau konsumen (Heru Susanto, 2016).

Sistem jaringan primer, atau sering disebut dengan jaringan tegangan tinggi (JDTT), terletak di antara gardu induk dan distribusi dan memiliki tegangan sistem yang lebih tinggi dari tegangan yang digunakan oleh konsumen. standar tegangan untuk jaringan distribusi primer ini adalah 6kV, 10kV, serta 20kV (sesuai standar PLN).

Sistem jaringan distribusi sekunder, atau sering disebut dengan jaringan distribusi tegangan rendah (JDTRs), adalah jaringan yang bertindak sebagai penyalur energi listrik dari gardu induk (stasiun distribusi) ke pusat beban (konsumen listrik). Besarnya standar tegangan buat jaringan ditribusi sekunder ini adalah 127/220V buat sistem lama, serta 220/380V buat sistem baru, dan 440/550V buat keperluan industri (Heru Susanto, 2016).

2.4 Transformator

Transformator adalah perangkat listrik yang mengubah tegangan AC dari satu tingkat ke tingkat lain melalui kopling magnetik dan didasarkan pada prinsip induksi elektromagnetik. Trafo terdiri dari inti yang terbuat dari besi berlapis dan dua kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Dengan trafo yang sederhana dan andal, memungkinkan dapat memilih voltase ekonomis yang sesuai dengan kebutuhan. Inilah salah satu alasan penting mengapa arus bolak-balik banyak digunakan dalam pembangkitan dan pendistribusian energi listrik. (Latupeirissa, 2018).

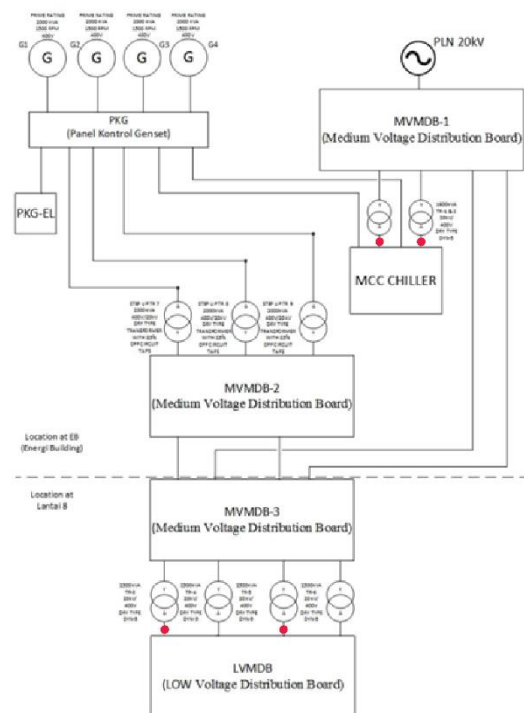


Gambar 2.3 Transformator pada Tzu Chi Hospital

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum Ampere dan hukum Faraday, yaitu arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Ketika arus bolak-balik dilewatkan melalui salah satu kumparan transformator, jumlah garis gaya magnet berubah. Ini menciptakan keunggulan di sisi utama. Sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula, maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan (Latupeirissa, 2018).

III. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Tzu Chi khususnya untuk trafo distribusi 1-5. Jenis data yang dibutuhkan adalah sistem kelistrikan utama dan nilai THDv dan THDi untuk masing-masing transformator. Standar untuk menghitung atau menganalisis batas nilai THDv dan THDi menggunakan IEEE 519 2014.



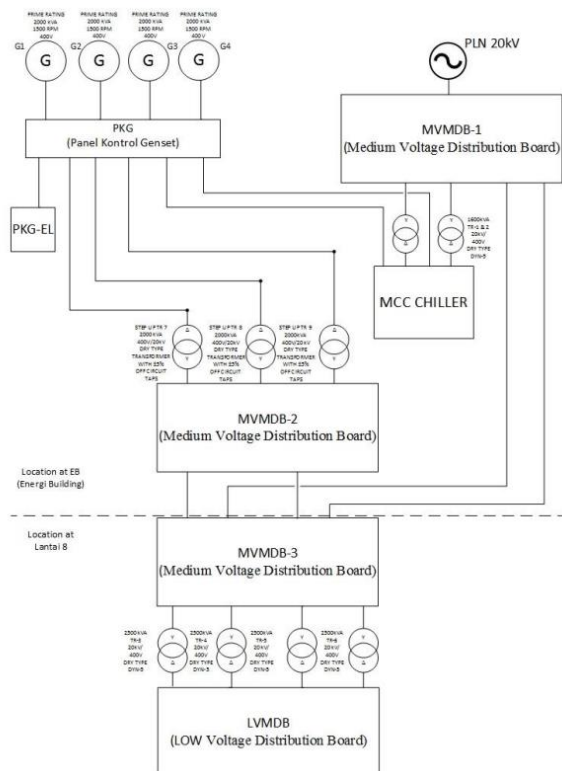
Gambar 3.1 Titik Pengukuran

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sistem Kelistrikan Utama

Sistem kelistrikan di Buddha Tzu Chi Hospital disuplai dari PLN sebagai sumber

utama. Selain dari PLN sebagai sumber kelistrikan utama, Buddha Tzu Chi Hospital memiliki genset sebagai sumber listrik pengganti ketika PLN mengalami pemadaman listrik. Single line diagram dari sistem kelistrikan Buddha Tzu Chi Hospital dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Single Line Diagram Tenaga Listrik Buddha Tzu Chi Hospital

PLN menyuplai tegangan sebesar 20kV dan masuk MVMD-1 (Medium Voltage Distribution Board) yang di pecah menjadi 4 outgoing. 2 incoming masuk trafo step down 1 dan 2 yang memiliki kapasitas 1600kVA dan bertipe kering, menjadi 400V lalu masuk ke MCC CHILLER yang berada di Chiller Room, Energy Building. 2 incoming lainnya masuk MVMD-3, kemudian mengalir melewati transformator step down 3, 4, 5, 6 yang berkapasitas 2500kVA dan bertipe kering agar tegangan turun menjadi 400V setelah itu listrik masuk LVMD (Low Voltage Main Distribution Board).

Ketika PLN mengalami pemadaman listrik, maka Rumah Sakit memiliki sumber tenaga listrik backup yang berasal dari genset. Rumah Sakit memiliki 4 genset yang berkapasitas 2000kVA, 400V. Sumber dari genset masuk PKG yang berada di Genset Room, Energy Building dan dipecah menjadi 6 outgoing. 2 incoming masuk MCC CHILLER

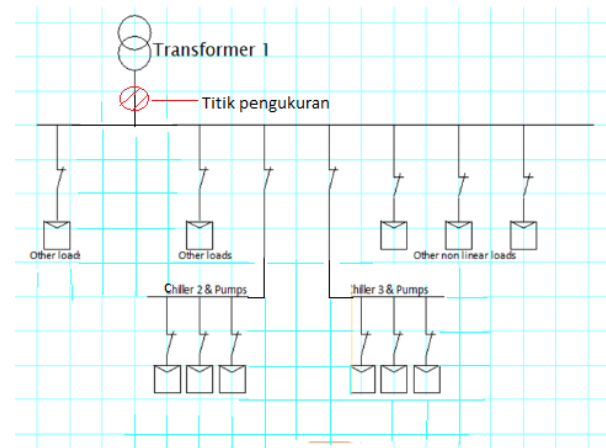
yang berada di Chiller Room, Energy Building. 3 incoming lainnya sebelum masuk MVMD-2 harus melewati trafo step up 7, 8, 9 yang berkapasitas 2000kVA dan bertipe kering agar tegangan naik menjadi 20kV. Setelah tegangan naik masuk MVMD-2 menjadi 2 outgoing dan masuk MVMD-3 kemudian mengalir melewati transformator step down 3, 4, 5, 6 agar tegangan turun menjadi 400V setelah itu listrik masuk LVMD (Low Voltage Main Distribution Board). 1 incoming lainnya masuk PKG-EL.

4.2 Pengukuran Total Harmonic Distortion (THD) Tegangan dan Arus

Pada tanggal 16 Juli 2021 telah dilakukan pengukuran harmonik pada beberapa transformator dengan kondisi beban tertentu. Pengukuran dilakukan di titik paling dekat dengan transformator.

4.2.1 Transformator 1

Pada transformator 1 memiliki kapasitas 2000 kVA, LV current 2886A, dan nilai impedansi 7%. Pada pengukuran Power Quality di Panel incoming transformator 1 (running) didapatkan kondisi tegangan antara 395,62-407,66V dan arus maksimal yang tercapai adalah 1131-1182A.



Gambar 4.2 Titik Pengukuran THD Tegangan dan Arus Pada Transformator 1

Pada saat dilakukannya pengukuran, chiller 2 sedang tidak beroperasi atau berhenti dan kondisi Detector Gas Pressure Transformer (DGPT) sekitar 50°C. Dengan kondisi tersebut maka didapatkan nilai THDv mencapai 4,8% dan THDi mencapai 20,2%.

Tabel 4.1 Voltage Distortion Limits

Bus Voltage (V) at PCC	Individual Harmonic (%)	Total Harmonic Distortion (%)
$V \leq 1 \text{ kV}$	5,0	8,0
$1 \text{ kV} < V < 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ kV} < V < 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$161 \text{ kV} < V$	1,0	1,5

Berdasarkan instalasi kelistrikan dibawah 1 kV, maka Rumah Sakit dapat memiliki THDv maksimal sebesar 8%. Sedangkan untuk THDi maka perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu. Perhitungan dengan data diatas dan standar IEEE 519-2014 maka

Daya trafo = 2000kVa

$V = 400\text{V}$

$Z = 7\%$

$IL = 2500\text{A}$ (ACB terpasang) = 2,5kA

$$ISC = \frac{kVA}{(\sqrt{3} \times V \times Z)} = \frac{2000}{(\sqrt{3} \times 400 \times 0,07)} = 41,2kA$$

$$\text{Sehingga } \frac{ISC}{IL} = \frac{41,2}{2,5} = 16,5$$

Berdasarkan perhitungan diatas $\frac{ISC}{IL}$ memenuhi <20 , sehingga masuk dalam kelas TDD 5.

Tabel 4.2 Current Distortion Limits For Systems Rated 120 V Through 69 kV

Maximum Harmonic Current Distortion						
Individual Harmonic Order (odd harmonic)						
ISC/IL	$3 \leq h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD (%)
< 20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
$20 < 50$	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
$50 < 100$	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
$100 < 1000$	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Maka untuk pengukuran batas THDi menggunakan rumus berikut

$$THDi : \frac{IL}{LV \text{ current}} \times TDD$$

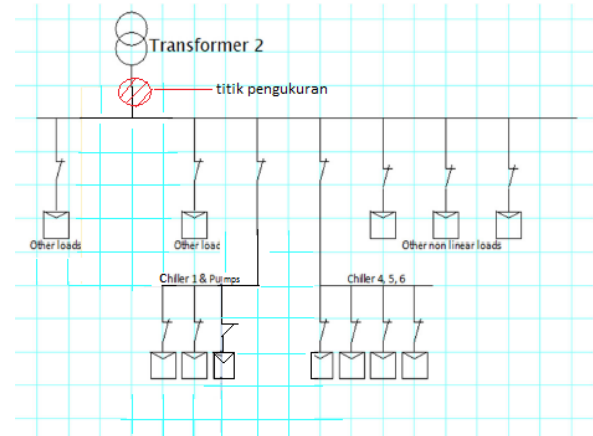
$$\frac{2500}{2886} \times 5 = 4,3\%$$

Berdasarkan PCC <20 dan masuk kedalam kelas TDD 5, maka batas untuk nilai THDi adalah 4,3%.

4.2.2 Transformator 2

Pada transformator 2 memiliki kapasitas 2000 kVA, LV current 2886A, dan nilai

impedansi 7%. Pada pengukuran Power Quality di Panel incoming transformator 2 (running) didapatkan kondisi tegangan antara 401,73-409,17V dan arus maksimal yang tercapai adalah 529-670A.



Gambar 4.3 Titik Pengukuran THD Tegangan dan Arus Pada Transformator 2

Pada saat dilakukannya pengukuran, chiller 1 beroperasi 50% dan chiller 4,5,6 sedang tidak beroperasi atau berhenti dan kondisi Detector Gas Pressure Transformer (DGPT) sekitar 45°C. Dengan kondisi tersebut maka didapatkan nilai THDv mencapai 2,48% dan THDi mencapai 29,4%.

Tabel 4.3 Voltage Distortion Limits

Bus Voltage (V) at PCC	Individual Harmonic (%)	Total Harmonic Distortion (%)
$V \leq 1 \text{ kV}$	5,0	8,0
$1 \text{ kV} < V < 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ kV} < V < 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$161 \text{ kV} < V$	1,0	1,5

Berdasarkan instalasi kelistrikan dibawah 1 kV, maka Rumah Sakit dapat memiliki THDv maksimal sebesar 8%. Sedangkan untuk THDi maka perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu. Perhitungan dengan data diatas dan standar IEEE 519-2014 maka

Daya trafo = 2000kVa

$V = 400\text{V}$

$Z = 7\%$

$IL = 2500\text{A}$ (ACB terpasang) = 2,5kA

$$ISC = \frac{kVA}{(\sqrt{3} \times V \times Z)} = \frac{2000}{(\sqrt{3} \times 400 \times 0,07)} = 41,2kA$$

$$\text{Sehingga } \frac{ISC}{IL} = \frac{41,2}{2,5} = 16,5$$

Berdasarkan perhitungan diatas $\frac{ISC}{IL}$ memenuhi <20, sehingga masuk dalam kelas TDD 5.

Tabel 4.4 Current Distortion Limits For Systems Rated 120 V Through 69 kV

Maximum Harmonic Current Distortion						
Individual Harmonic Order (odd harmonic)						
ISC/IL	$3 \leq h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD (%)
< 20 °	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 < 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 < 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 < 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Maka untuk pengukuran batas THDi menggunakan rumus berikut

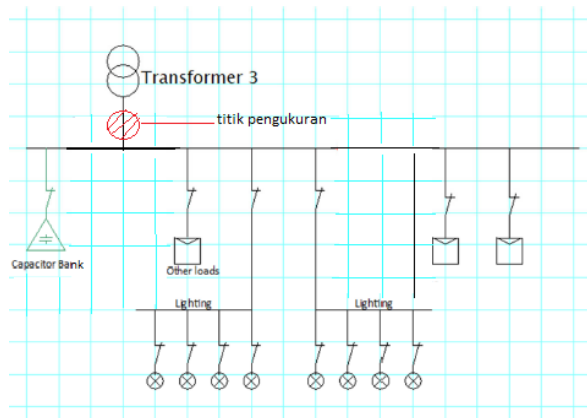
$$THDi : \frac{IL}{LV \text{ current}} \times TDD$$

$$\frac{2500}{2886} \times 5 = 4,3\%$$

Berdasarkan PCC <20 dan masuk kedalam kelas TDD 5, maka batas untuk nilai THDi adalah 4,3%.

4.2.3 Transformator 3

Pada transformator 3 memiliki kapasitas 2500 kVA, LV current 3.608A, dan nilai impedansi 7%. Pada pengukuran Power Quality di Panel incoming transformator 3 (running) didapatkan kondisi tegangan antara 393,89-399,29V dan arus maksimal yang tercapai adalah 632-709A.



Gambar 4.4 Titik Pengukuran THD Tegangan dan Arus Pada Transformator 3

Pada saat dilakukannya pengukuran dengan beban lighting dan Motor Control Center (MCC) Lt-9 maka didapatkan nilai THDv mencapai 1,51% dan THDi mencapai 14,78%.

Tabel 4.5 Voltage Distortion Limits

Bus Voltage (V) at PCC	Individual Harmonic (%)	Total Harmonic Distortion (%)
$V \leq 1 \text{ kV}$	5,0	8,0
$1 \text{ kV} < V < 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ kV} < V < 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$161 \text{ kV} < V$	1,0	1,5

Berdasarkan instalasi kelistrikan dibawah 1 kV, maka Rumah Sakit dapat memiliki THDv maksimal sebesar 8%. Sedangkan untuk THDi maka perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu. Perhitungan dengan data diatas dan standar IEEE 519-2014 maka

$$\text{Daya trafo} = 2500 \text{ kVA}$$

$$V = 400 \text{ V}$$

$$Z = 7\%$$

$$IL = 4000 \text{ A (ACB terpasang)} = 4 \text{ kA}$$

$$ISC = \frac{kVA}{(\sqrt{3} \times V \times Z)} = \frac{2500}{(\sqrt{3} \times 400 \times 0,07)} = 51,6 \text{ kA}$$

$$\text{Sehingga } \frac{ISC}{IL} = \frac{51,6}{4} = 12,9$$

Berdasarkan perhitungan diatas $\frac{ISC}{IL}$ memenuhi <20, sehingga masuk dalam kelas TDD 5.

Tabel 4.6 Current Distortion Limits For Systems Rated 120 V Through 69 kV

Maximum Harmonic Current Distortion						
Individual Harmonic Order (odd harmonic)						
ISC/IL	$3 \leq h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD (%)
< 20 °	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 < 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 < 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 < 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Maka untuk pengukuran batas THDi menggunakan rumus berikut

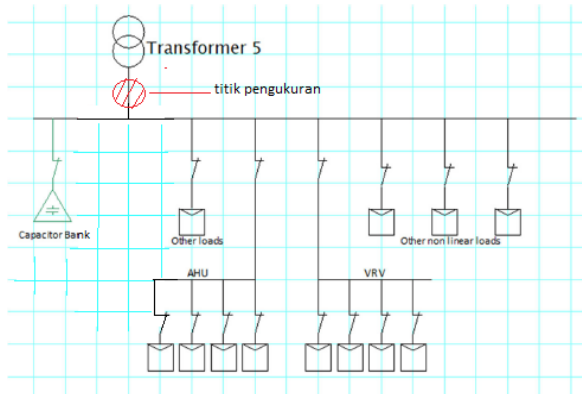
$$THDi : \frac{IL}{LV \text{ current}} \times TDD$$

$$\frac{4000}{3608} \times 5 = 5,5\%$$

Berdasarkan PCC <20 dan masuk kedalam kelas TDD 5, maka batas untuk nilai THDi adalah 5,5%.

4.2.4 Transformator 5

Pada transformator 5 memiliki kapasitas 2500 kVA, LV current 3608A, dan nilai impedansi 7%. Pada pengukuran Power Quality di Panel incoming transformator 5 (running) didapatkan kondisi tegangan antara 393,39-399,01V dan arus maksimal yang tercapai adalah 1255-1570A.



Gambar 4.5 Titik Pengukuran THD Tegangan dan Arus Pada Transformator 5

Pada saat dilakukannya pengukuran, dengan beban Air Handling Unit (AHU) beroperasi sampai lantai 12 didapatkan hasil pengukuran harmonik diperoleh nilai THDv mencapai 5% dan untuk THDi sebesar 37,8%.

Tabel 4.7 Voltage Distortion Limits

Bus Voltage (V) at PCC	Individual Harmonic (%)	Total Harmonic Distortion (%)
$V \leq 1 \text{ kV}$	5,0	8,0
$1 \text{ kV} < V < 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ kV} < V < 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$161 \text{ kV} < V$	1,0	1,5

Berdasarkan instalasi kelistrikan dibawah 1 kV, maka Rumah Sakit dapat memiliki THDv maksimal sebesar 8%. Sedangkan untuk THDi maka perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu. Perhitungan dengan data diatas dan standar IEEE 519-2014 maka

$$\text{Daya trafo} = 2500 \text{ kVa}$$

$$V = 400 \text{ V}$$

$$Z = 7\%$$

$$IL = 4000 \text{ A (ACB terpasang)} = 4 \text{ kA}$$

$$ISC = \frac{kVA}{(\sqrt{3} \times V \times Z)} = \frac{2500}{(\sqrt{3} \times 400 \times 0,07)} = 51,6 \text{ kA}$$

$$\text{Sehingga } \frac{ISC}{IL} = \frac{51,6}{4} = 12,9$$

Berdasarkan perhitungan diatas $\frac{ISC}{IL}$ memenuhi <20, sehingga masuk dalam kelas TDD 5.

Tabel 4.8 Current Distortion Limits For Systems Rated 120 V Through 69 kV

Maximum Harmonic Current Distortion						
Individual Harmonic Order (odd harmonic)						
ISC/IL	$3 \leq h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD (%)
< 20 %	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 < 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 < 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 < 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Maka untuk pengukuran batas THDi menggunakan rumus berikut

$$\text{THDi} : \frac{IL}{LV \text{ current}} \times TDD$$

$$\frac{4000}{3608} \times 5 = 5,5\%$$

Berdasarkan PCC <20 dan masuk kedalam kelas TDD 5, maka batas untuk nilai THDi adalah 5,5%.

V. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan yaitu :

- Pada Tzu Chi Hospital memiliki dua suplai listrik, yaitu utama dari PLN sebesar 20kV dan 4 genset yang masing-masing sebesar 400V sebagai cadangan ketika suplai listrik dari PLN padam.
- Berdasarkan hasil pengukuran THDi dari total 4 transformator yang diukur semuanya melebihi standar IEEE 519-2014. Nilai THDi terbesar terdapat pada transformator 5 yaitu 37,8% dan yang terkecil terdapat pada transformator 3 yaitu 14,78%.
- Berdasarkan hasil pengukuran THDv dari total 4 transformator yang diukur semuanya sudah memenuhi standar IEEE 519-2014.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus W, W. A. (2017). Analisis Pengaruh Total Harmonic Distortion Terhadap Losses dan Efisiensi Transformator RSUD Kabupaten Klungkung. *Teknologi Elektro*, 107-116.
- [2] Heru Susanto, N. L. (2016). ANALISA PENERAPAN SISTEM SCADA PADA PENGENDALIAN JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20 kV PT. PLN AREA PAYAKUMBUH. *Jom FTEKNIK*, 1-9.
- [3] Latupeirissa, H. L. (2018). ANALISAUMUR PAKAI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20 KV DI PT. PLN CABANG AMBON. *Jurnal Simetrik*, 126-132.
- [4] Lubis, A. R. (2017). Efektivitas Penggunaan Filter Pasif LC dalam Mengurangi Harmonik Arus. *Journal of Electrical Technology*, 1-7.
- [5] Putu I, W. A. (2019). Studi Analisa Pengaruh Total Harmonic Distortion (THD) terhadap Rugi-Rugi, Efisiensi, dan Kapasitas Kerja Transformator pada Penyulang Kerobokan. *Jurnal SPEKTRUM*, 121-129.
- [6] Syafrudin.R, A. H. (2018). ISU TEKNOLOGI STT MANDALA VOL.13 NO.2 DESEMBER 2018 p-ISSN 1979-48ANALISIS TOTAL HARMONIK DISTORSI PADA PANEL ACPDB AKIBATBEBAN NON LINEAR. *ISU TEKNOLOGI STT MANDALA*, 33-44.