
ANALISA BEBAN NON LINIEAR TERHADAP NILAI THDi DAN THDv DI GEDUNG EQUITY TOWER

Tri Ongko P, Fauzan

Abstrak - Permasalahan kualitas daya listrik dengan berkembang pesatnya gedung gedung bertingkat di DKI Jakarta baik itu perkantoran ,hotel,mall maupun apartemen. terkhusus pada Gedung Equity Tower itu sendiri, oleh karena itu memerlukan suatu perhatian khusus. Kualitas daya yang buruk akan menimbulkan banyak kerugian. Salah satu permasalahan kualitas daya listrik adalah harmonisa.suatu sistem tenaga listrik yang ideal, bentuk gelombang yang disalurkan ke peralatan konsumen dan bentuk gelombang arus yang dihasilkan adalah fudamenetal. Dalam suatu sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan, sedangkan beban non linier akan memberikan bentuk gelombang keluaran yang tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya. parameter penelitian dilakukan dengan berbagai cara yaitu studi literatur, studi lapangan, dan teknik analisa data.hasil penelitian ini nilai THDI dan THDv akan semakin meningkat seiring pemakaian peralatan- peralatan yang menggunakan sumber DC, berdasarkan hasil penelitian dapat dibuatkan kesimpulan sebagai berikut untuk kedua gedung equity tower,besarnya harmonisa tegangan (THDv) masih dibawah 5% yang artinya belum melampaui batas yang ditentukan oleh IEEE Std. 519-2014. Harmonisa tegangan yang tertinggi di gedung equity tower adalah rata-rata sebesar 2,8% pada fasa R, harmonisa arus (THDi) yang terjadi di gedung equity tower tertinggi adalah rata-rata sebesar 17,0% pada fasa T sehingga masih dibawah 5% yang artinya belum melampaui batas yang ditentukan sesuaia IEEE Std. 519-2014. Kondisi beban di gedung equity tower sudah terdistribusi secara merata tampak dari nilai arus antar fasa memiliki perbedaan nilai yang tidak signifikan.

Kata Kunci : *Harmonisa, Beban Non linear,IEEE 519-2014, Total Harmonik Distortion,Power Analyzer Hioki 3169-20.*

Abstract - Problems with the quality of electrical power with the rapid development of high-rise buildings in DKI Jakarta, be it offices, hotels, malls and apartments. especially in the Equity Tower Building itself, therefore it requires special attention. Poor power quality will cause a lot of losses. One of the problems of electric power quality is harmonics. In an ideal electric power system, the waveforms that are transmitted to consumer equipment and the resulting current waveforms are fundamental. In an electric power system, there are two types of loads, namely linear loads and non-linear loads, meaning that the current flowing is proportional to the impedance and voltage changes, while non-linear loads will give an output waveform that is not proportional to the voltage in each half cycle, so that the current waveform is nor the output voltage is not the same as the input waveform. research parameters are carried out in various ways, namely literature studies, field studies, and data analysis techniques. the results of this study the value of THDI and THDv will increase along with the use of equipment that uses DC sources, based on the results of the study the following conclusions can be drawn for the two equity buildings tower, the amount of voltage harmonics (THDv) is still below 5%, which means it has not exceeded the limit determined by IEEE Std. 519-2014. The highest voltage harmonic in the equity tower building is an average of 2.8% in the R phase, the current harmonic (THDi) that occurs in the highest equity tower building is an average of 17.0% in the T phase so it is still below 5% which means that it has not exceeded the specified limit according to IEEE Std. 519-2014. The load conditions in the equity tower building have been evenly distributed, it can be seen from the value of the current between the phases that the difference in value is not significant

Keyword : Harmonics, Non Linear Load, IEEE 519-2014, Total Harmonic Distortion, Power Analyzer Hioki 3

1. Pendahuluan

Permasalahan kualitas daya listrik dengan berkembang pesatnya gedung gedung bertingkat di DKI Jakarta baik itu perkantoran, hotel, mall, maupun apartemen oleh karena itu memerlukan suatu perhatian khusus. Kualitas daya yang buruk akan menimbulkan banyak kerugian. Salah satu permasalahan kualitas daya listrik adalah permasalahan harmonisa. Suatu sistem tenaga listrik yang ideal, bentuk gelombang yang disalurkan ke peralatan konsumen dan bentuk gelombang arus yang dihasilkan adalah gelombang fundamental.

Dalam suatu sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier akan memberikan bentuk gelombang keluaran yang linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan, sedangkan beban non linier akan memberikan bentuk gelombang keluaran yang tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (bentuk gelombang harmonisa yang kedua, ketiga dan seterusnya dijumlahkan dengan gelombang dasar).

Hamonisa bisa muncul akibat adanya beban-beban non linier yang terhubung ke sistem distribusi Harmonisa umumnya mengakibatkan meningkatnya panas dan rugi rugi energy pada setiap bagian peralatan- peralatan listrik. Untuk mengetahui berapa besarnya Harmonisa pada beban Non linier digunakan sebuah alat ukur yang bernama *Power Harmonik Analy*

2.1 Landasan Teori

Kualitas daya listrik adalah setiap masalah daya listrik yang berbentuk penyimpangan tegangan, arus atau frekuensi yang mengakibatkan kegagalan ataupun kesalahan operasi pada peralatan-peralatan yang terjadi pada konsumen energi listrik.

Daya adalah suatu nilai dari energi listrik yang dikirimkan dan di distribusikan, dimana besarnya daya listrik tersebut sebanding dengan perkalian besarnya tegangan dan arus listriknya. Sistem suplai daya listrik dapat dikendalikan oleh kualitas dari tegangan, dan tidak dapat dikendalikan oleh arus listrik karena arus listrik berada pada sisi beban yang bersifat individual, sehingga pada dasarnya kualitas daya adalah kualitas dari tegangan itu sendiri[10].

2.1.1 Jenis-Jenis Permasalahan kualitas daya listrik

Permasalahan kualitas daya listrik disebabkan oleh gejala-gejala atau fenomena-fenomena elektromagnetik yang terjadi pada sistem tenaga listrik. Gejala elektromagnetik yang menyebabkan permasalahan kualitas daya adalah:

1. Gejala Perubahan Tegangan Durasi Panjang (*Long-Duration Variations*), yaitu suatu gejala perubahan nilai tegangan, dalam waktu yang lama lebih dari satu menit.
2. Ketidakseimbangan Tegangan adalah gejala perbedaan besarnya tegangan dalam sistem tiga fasa serta sudut fasanya.
 - a. Harmonisa adalah gejala penyimpangan dari suatu gelombang (tegangan dan arus) dari bentuk idealnya berupa gelombang sinusoidal.

- b. Fluktuasi tegangan adalah gejala perubahan besarnya tegangan secara sistematis.
- c. Gejala perubahan frekuensi daya yaitu gejala penyimpangan frekuensi daya listrik pada sistem tenaga listrik. [10].

2.2 Besaran Dasar Listrik

Terdapat tiga buah besaran listrik dasar yang digunakan di dalam teknik tenaga listrik, yaitu beda potensial atau sering disebut sebagai tegangan listrik, arus listrik dan frekuensi. Ketiga besaran tersebut merupakan satu kesatuan pokok pembahasan di dalam masalah-masalah sistem tenaga listrik. selain ketiga besaran tersebut, masih terdapat satu faktor penting di dalam pembahasan sistem tenaga listrik yaitu daya dan faktor daya. [3].

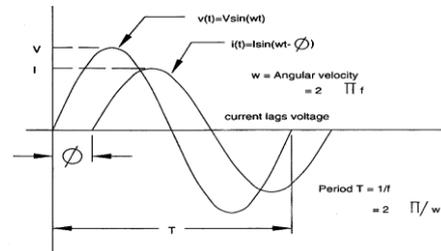
2.3 Definisi Harmonisa

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik yang disebabkan adanya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang –gelombang dengan frekuensi kelipatan dari frekuensi fundamentalnya.

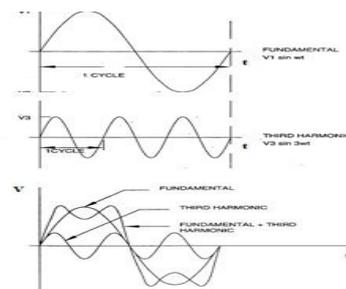
Harmonisa disebabkan adanya beban-beban non linier yang terhubung ke sistem distribusi. Beberapa contoh beban non linier antara lain: variable speed drive, komputer, printer, lampu fluorescent yang menggunakan elektronik Ballast.

Distorsi harmonisa adalah setiap perubahan dalam bentuk sinyal yang tidak disengaja dan secara umum keberadaannya tidak diinginkan pada sistem harmonisa merupakan salah satu hal yang menyebabkan distorsi pada bentuk gelombang fundamental tegangan dan arus.

Gelombang Non sinusoidal dapat terbentuk dengan menjumlahkan gelombang-gelombang sinusoidal seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Gelombang Sinus arus dan tegangan [1].



Gambar 2.2 Gelombang Fundamental, Harmonik Ketiga dan hasil penjumlahannya[1].

2.3.1 Distorsi Harmonisa

2.3.2 Persamaan Harmonisa

Femomena ini timbul akibat pengaruh karakteristik beban non linier yang dimodelkan sebagai suatu sumber arus yang menginjeksikan arus harmonisa pada sistem tenaga listrik.

frekuensi orde ke-3 adalah $3 \times 50 \text{ Hz} = 150 \text{ Hz}$ [13]

2.3.4 Jenis- jenis Harmonisa

Berdasarkan dari urutan atau ordenya, harmonisa dapat dibedakan menjadi harmonisa ganji dan harmonisa genap. Sesuai dengan namanya harmonisa ganjil adalah harmonisa ke 1,3,5,7,9 dan seterusnya. Sedangkan harmonisa genap merupakan harmonisa ke 2,4,6,8 dan seterusnya. Namun harmonisa pertama tidak dapat dikatakan sebagai harmonisa ganjil, karena merupakan komponen frekuensi fundamental dari gelombang periodik sedangkan harmonisa o (nol) mewakili konstanta atau komponen DC dari gelombang. berdasarkan urutan phasanya, harmonisa dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1. Harmonisa urutan positif

Harmonisa urutan positif ini mempunyai urutan phasa yang sama seperti fasor aslinya yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan saling berbeda phasa 120 (R,S,T atau a,b,c) dimana harmonisa positif ini terdiri dari harmonisa ke-1, ke-4, ke-7, ke-10 dan seterusnya.

Urutan	Pengaruh pada sistem distribusi
Positif	Panas
Negatif	Panas
Nol	Panas dan menimbulkan arus pada kawat netral

Tabel 2.2 Akibat Polaritas Komponen harmonik

2.4 Sumber- Sumber Harmonisa

2. Harmonisa urutan negatif

Harmonisa urutan negatif memiliki urutan phasa yang berlawanan dengan fasor aslinya yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan saling berbeda phasa 120 (R,S,T atau a,b,c). Dimana harmonisa negatif ini terdiri dari harmonisa ke-2, ke-5, ke-8 dan seterusnya.

3. Harmonisa urutan kosoong/ Nol (zero sequence)

Harmonisa urutan nol ini memiliki fasor yang sama besarnya dan sephasa satu sama lain 0). Harmonisa ini biasa disebut triplen harmonics. Harmonisa urutan nol terdiri dari harmonisa ke-3, ke-6, ke-9, dan seterusnya. [14].

Dari jenis- jenis harmonisa

Pada suatu sistem tenaga listrik tiga fasa yang seimbang diasumsikan mempunyai urutan phasa R,S,T (a,b,c); dimana besar arus dan tegangan pada setiap phasa selalu sama dan berbeda sudut 120 listrik satu sama lain. Sehingga

berdasarkan urutan phasa diatas maka dapat disimpulkan dalam tabel 2.2

Harmonisa yang terjadi diakibatkan oleh beban-beban yang terhubung ke sistem distribusi. Beban-beban pada sistem tenaga listrik dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu beban linier dan beban non- linier yang akan dijelaskan sebaagai berikut :

1. Beban linier

Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran linier, artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan

perubahan tegangan. Pada beban yang linier, bentuk gelombang arus akan mengikuti bentuk gelombang tegangannya. Kalau bentuk gelombang tegangan sumbernya sinusoidal, maka gelombang arus yang mengalir juga akan sinusoidal.

2. Beban non linier

Beban non linier adalah bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setengah siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi).

Dari dua macam beban diatas, yang paing mampu menjadi sumber harmonisa adalah beban non linier. Hal ini disebabkan karena adanya komponen semikonduktor yang mana dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang berkerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan.

Selain itu harmonisa dapat juga ditimbulkan oleh peralatan penyearah khususnya peralatan penyearah yang menggunakan penyearah dioda dan thyristor. Dalam pemakaian konverter sebagai sumber listrik dapat membawa suatu kerugian pada jaringan listrik yang merusak bentuk gelombang tegangan dan arus bolak-balik sehingga tidak merupakan gelombang sinus murni. [15].

Peralatan-peralatan yang dapat menjadi sumber harmonisa :

- a. Peralatan industri seperti mesin las, UPS (Uninterruptible power supplies), kontrol kecepatan motor dan sebagainya.
- b. Perlengkapan kantor seperti : komputer, mesin Fotocopy,mesin Fax, Air conditioning load, Elevator, Drive dan sebagainya.
- c. Perlengkapan rumah tangga seperti : Televisi Microwave, lampu dan sebagainya.

Adapun dampak yang ditimbulkan dari harmonisa tersebut diantaranya :

- a. Panas yang berlebihan yang merusak isolasi.
- b. Malafungsi kerja peralatan tenaga, sistem kontrol, dan alat ukur energi.
- c. Penurunan daya mampu (derating) trafo.
- d. Menurunkan faktor daya.
- e. Meningkatkan susut jaringan.

2.5 Parameter- Parameter Harmonisa

Dalam menganalisa harmonik terdapat parameter penting untuk menggambarkan efek dari harmonik pada komponen sistem tenaga, yaitu individual Harmonic Distortion (IHD) dan total Harmonic Distortion (THD)

2.5.1 Individual Harmonic Distrortion

(IHD)

IHD (individuual Harmonic Distortion) merupakan perbandingan antara nilai arus atau tegangan harmonik orde ke-h terhadap nilai arus dan tegangan fudamental, nilai IHD untuk harmonik arus dan tegangan pada orde ke-h didefinisikan sebagai berikut [6]:

$$IHD_n = \sqrt{\frac{M_n^2}{M_1^2}} \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana :

IHD_n = IHD orde harmonik ke-n (h=2,3,4,5,....)

M_n = Nilai rms arus atau tegangan harmonik ke-n

M_1 = Nilai rms arus atau tegangan dasar (fundamental)

2.5.2 Total Harmonik Distorsion (THD)

Total harmonik Distorsion (THD) merupakan nilai total persentase arus atau tegangan, ini merupakan perbandingan nilai arus atau tegangan komponen harmonisa terhadap nilai arus dan tegangan pada frekuensi fundamental. Besarannya THD digunakan untuk mengukur besarnya

penyimpangan dari bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinusoidal idealnya,

THD menyatakan besarnya distorsi yang ditimbulkan oleh semua komponen harmonik, dapat didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{h_{max}} M_n^2}}{M_1} \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan:

- THD = Total Harmonic Distortion
- Mn = nilai rms arus atau tegangan harmonik ke-n
- M1 = nilai rms arus atau tegangan pada frekuensi dasar.

THD dapat dinyatakan sebagai suatu nilai potensi pemanasan akibat harmonik relatif terhadap gelombang frekuensi dasar.

2.5.3 Total Demand Distortion (TDD)

Tingkat distorsi arus dapat dilihat dari nilai THD, namun hal tersebut dapat saja salah saat diinterpretasikan. Aliran arus yang kecil dapat memiliki nilai THD yang tinggi namun tidak menjadi ancaman yang dapat merusak sistem. Beberapa analisis mencoba untuk menghindari kesulitan seperti ini dengan melihat THD pada arus beban puncak frekuensi dasar dan bukan melihat sampel sesaat pada frekuensi dasar.

Hal ini disebut total demand distortion atau distorsi permintaan total

2.7 Triplen Harmonik

Triplen harmonik merupakan kelipatan ganjil dari harmonik ketiga (h = 3, 9, 15, 21,...). Triplen harmonik harus mendapat perhatian khusus, karena respon sistem yang terjadi saat triplen harmonik umumnya berbeda dengan respon dari orde harmonik yang lain.

Triplen harmonik menjadi persoalan yang penting bagi sistem jaringan bintang yang ditanahkan (grounded wye systems) dengan arus yang mengalir pada netral sistem tersebut. Arus pada netral menjadi overload, karena arus antar fasanya tidak saling

(TDD) dan masuk dalam Standar IEEE 519-2014, tentang “Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems”. TDD dapat didefinisikan dengan persamaan berikut [6].:

$$TDD = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{h_{max}} I_n^2}{I_L}} \dots\dots\dots (2.27)$$

keterangan:

- In = arus harmonik orde ke-n
- IL = arus beban puncak pada frekuensi dasar yang diukur pada PCC (Point of Common Coupling)

Terdapat dua cara untuk mengukur IL, pertama yaitu pada beban yang telah terpasang pada sistem lalu dihitung nilai rata-rata dari arus beban maksimum dari 12 bulan pengukuran. Sedangkan untuk sistem yang baru, IL harus diperkirakan berdasarkan profil beban yang akan dipasang. Nilai rms yang dihasilkan oleh gelombang arus/tegangan yang terdistorsi harmonik dapat didefinisikan dengan persamaan berikut [6].:

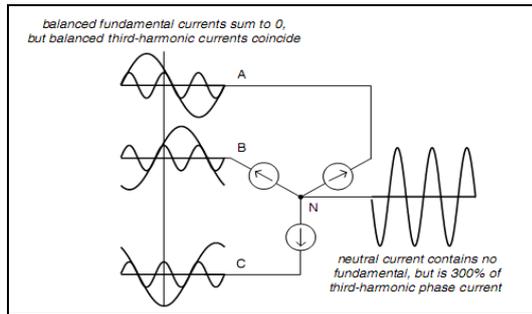
$$rms = \sqrt{\sum_{h=1}^{h_{max}} M_h^2} = M_1 \sqrt{1 + THD^2} \dots\dots\dots (2.28)$$

keterangan:

- Mh = nilai rms dari arus atau tegangan ke-h

menghilangkan melainkan saling menjumlahkan. Terkadang, peralatan dapat salah beroperasi karena tegangan fasa yang terdistorsi cukup parah oleh triplen harmonik pada konduktor netral.

Untuk lebih memahami triplen harmonik, gambar 2.3 berikut adalah gambar arus yang mengalir pada netral sistem akibat triplen harmonik



Gambar 2.5 Arus Netral pada Sistem Wye-Grounded Akibat Triplen[17].

Harmonik Sistem pada gambar ini merupakan sistem yang seimbang, diasumsikan komponen harmonik ketiga hadir dalam sistem. Komponen arus fundamental dari setiap fasa yang mengalir pada konduktor netral sistem akan saling menghilangkan, namun ternyata pada sistem ditemukan bahwa arus pada konduktor netral

tidak nol, melainkan ada komponen arus triplen harmonik dari ketiga fasa yang saling menjumlahkan.

Sehingga arus triplen harmonik yang mengalir pada konduktor netral adalah tiga kali dari arus triplen pada setiap fasanya. Hal ini disebabkan karena fasa dan waktu dari arus triplen yang sama dari setiap fasa

Tabel 2.3 Limit Distorsi Arus Harmonisa (IEEE standar 519-2014) [11]

I_{Sc}/I_L	Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of I_L					THD (%)
	Individual Harmonic Order (odd harmonic) ^{a, b}					
	$3 \leq h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h \leq 50$	
$< 20^\circ$	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

Tabel 2.4 Limit Distorsi Tegangan Harmonisa (IEEE standar 519-2014) [11].

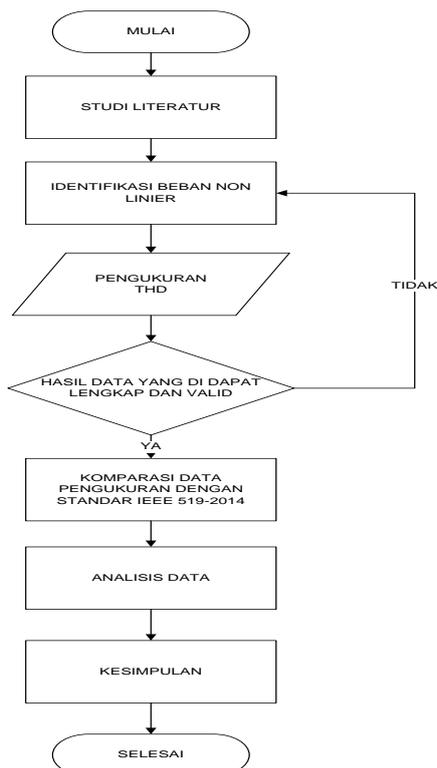
System Voltage	IHDV	THDV (%)
$V \leq 1 \text{ Kv}$	5,0	8,0
$1 \text{ Kv} < V < 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ Kv} < V < 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$161 \text{ Kv} < V$	1,0	1,5

3.2 Alur Penelitian

Penelitian ini memilih metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan diskriptif karena sesuai dengan tujuan

penelitian yaitu mendiskripsikan atau menggambarkan nilai harmonisa yang ada di gedung Equity Tower untuk kemudian dianalisis.

Pada penelitian ini, ada beberapa tahap yang dilakukan yg secara singkat dapat digambarkan dalam diagram alir berikut ini



3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Pada saat penelitian digunakan suatu alat untuk mendukung jalannya penelitian agar mendapatkan hasil yang sesuai. Alat penelitian yang digunakan adalah Power & Harmonic Analyzer seperti pada gambar 3.2 di bawah ini. Alat ukur ini dapat digunakan

Cara penggunaan:

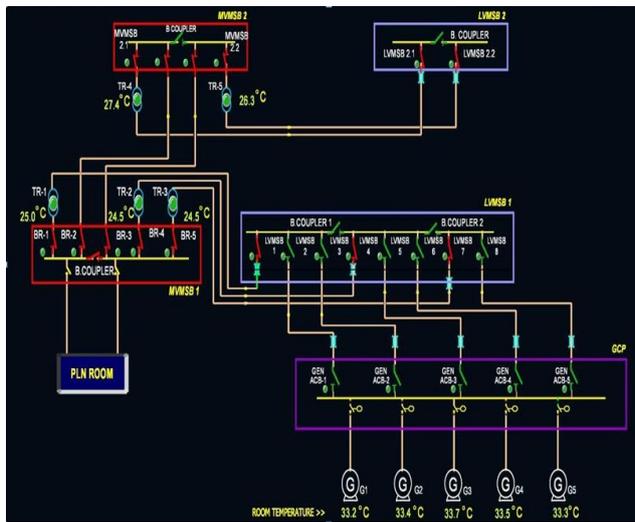
1. Memasang kabel penghubung pada clamp ampere (arus) dan mencapitkannya (Tegangan) ke alat power & harmonic analyzer
2. Memasang clamp ampere dan capitan pada sistem tenaga listrik yang akan
5. Layar monitor akan menampilkan hasil pengukuran. \



Gambar 3.2 Power Clamp Analyzer Merek Hioki 3169-20

untuk mengukur arus, tegangan, daya, faktor daya, harmonisa (THD), dan lain-lain. Tampilan hasil pengukuran dari alat ukur Power clamp Analyzer Merek Hioki Tipe 3169-20 ini dapat berbentuk gelombang, spektrum yang terjadi pada setiap orde-orde harmonisa, dan dapat berupa teks.

- diukur atau diteliti. Pemasangan sesuai dengan urutan kabel fasanya.
3. Menekan tombol power untuk menghidupkan dan memulai pengukuran
4. Setting alat untuk pengukuran 3 fasa, dengan menekan pada tombol



Gambar3.3 Skematik Diagram sistem Electrical Gedung Equity Tower



3.5 Kegiatan Pengukuran dan Pengamatan Parameter Listrik Di Gedung Equity Tower

3.5.1 Pengukuran Menggunakan Power Clamp Analyzer

Kegiatan pengukuran dilakukan pada panel ukur dengan referesi tegangan dan arus. Terdapat dua cara yang dapat digunakan untuk pengambilan harmonisa tegangan, yaitu pengambilan data langsung pada terminalnya (untuk tegangan rendah) dan untuk tegangan 20 kV ke atas diperlukan PT (Potensial Transformator) yang berfungsi untuk menurunkan tegangan sehingga tidak membahayakan saat proses pengukuran. Sama halnya untuk pengukuran arus pada tegangan tinggi diperlukan CT (Current Transformator) sehingga tidak membahayakan saat proses pengukuran.

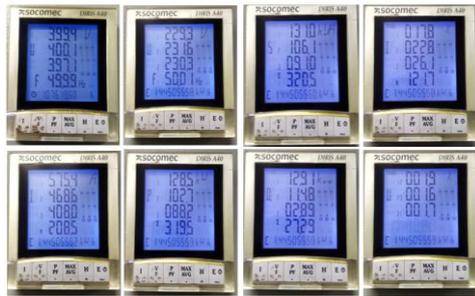
Pada gambar 3.4 dapat dilihat proses pengukuran dengan menggunakan power clamp analyzer Merek Hioki Tipe 3169-20, pengukuran dilakukan untuk mengambil data parameter listrik seperti nilai tegangan, arus listrik, daya listrik, frekuensi, factor daya serta nilai harmonic. Pengambilan data dilakukan pada waktu beban puncak dan diluar waktu beban puncak.

Hasil pengukuran dilakukan pencatatan untuk selanjutnya dilakukan analisis sebagai perbandingan dengan actual terukur pada digital metering terpasang.

3.5.2 Pengamatan dan Pencatatan Data Digital Metering

a. Digital Metering Socomec Diris A40

Dalam penelitian ini juga dilakukan pengambilan data dari digital metering yang terpasang pada panel *incoming* PLN sisi *Low Voltage Main Station Board* (LVMSB) Gedung, parameter dicatat untuk selanjutnya dianalisis. Metering ini terdapat di sisi LVMSB 1, LVMSB 2, LVMSB 3, LVMSB 4, LVMSB 5.



Gambar 3.6. Tampilan Data Parameter Pada Socomec Diris A40

Pada gambar 3.6 dapat dilihat bahwa terdapat parameter terukur seperti tegangan, arus listrik, daya listrik, frekuensi, faktor daya serta nilai harmonik. Pengambilan data dilakukan pada waktu beban puncak dan diluar waktu beban puncak.

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Deskripsi Data

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada tanggal 1 Mei sampai dengan 10 Mei 2022 di Gedung Equity Tower Jakarta, maka hasil penelitian disajikan dalam bentuk penyajian data yang sesuai dengan hasil pengukuran yang dilakukan sebelumnya.

Pada penelitian ini data diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung pada Low Voltage Main Station Boards (LVMSB) di Gedung Equity Tower. Penelitian dilakukan di luar waktu beban puncak jam 08.00, 11.00, dan di waktu beban puncak 18.00 21.00 WIB pada setiap harinya.

Data pengukuran yang diambil ialah arus (I), tegangan (V), harmonisa arus (THDi), harmonisa tegangan (THDv), nilai faktor daya (PF), nilai daya semu (S), nilai daya nyata (P), dan nilai daya reaktif (Q). Berikut data hasil pengukuran kan dituangkakan dalam bentuk tabel-tabel.

4.2.1.1 Nilai Rata-Rata LVMSB 1

Tabel 4.16 Nilai rata-rata LVMSB 1

Lokasi : LVMSB 1			Nilai Rata-Rata							
Parameter			Luar Waktu Beban Puncak				Waktu Beban Puncak			
			Jam 08:00		Jam 11:00		Jam 18:00		Jam 21:00	
Tegangan rms (V)	R-N	R-S	225	397	224	399	226	402	225	404
	S-N	S-T	224	397	223	398	224	404	224	403
	T-N	R-T	222	395	221	397	224	399	224	401
Arus rms (A)	R		920,3		1178,7		661,7		360,0	
	S		906,7		1206,3		668,3		316,0	
	T		901,7		1190,0		656,3		323,3	
Frekuensi (Hz)	Hz		50,0		50,0		50,0		50,1	
	P (KW)		652,3		772,5		453,2		201,3	
	Q (KVAR)		114,8		193,6		113,6		56,9	
Daya	S (KVA)		566,4		796,4		467,2		231,9	
	PF	Cosphi	1,0		1,0		1,0		1,0	
THDv (%)	R		1,8		1,8		1,8		1,7	
	S		2,0		1,8		1,4		1,4	
	T		2,0		2,1		1,6		1,4	
THDi (%)	R		12,6		13,2		10,1		11,3	
	S		12,3		14,0		12,3		11,7	
	T		12,4		12,6		10,7		10,0	

Dari tabel 4.16 dapat dilihat bahwa nilai THDv di Gedung Equity Tower LVMSB 1 hampir merata di setiap fasanya dengan rata-rata tertinggi adalah 2,1% di fasa T. Dengan mengacu pada Standard IEEE 519-2014 di mana batas untuk THDv adalah 5%, maka Gedung Equity Tower masih memenuhi standard untuk THDv namun angkanya sudah mendekati batas aman yang diijinkan. Sementara untuk nilai rata-rata tertinggi THDi berada di angka 14,0% yang terjadi di fasa S, di mana standard yang diperuntukkan untuk THDi adalah sebesar 20%, maka Gedung Equity Tower masih memenuhi standard untuk THDi tetapi angkanya sudah hampir mendekati batas aman yang diijinkan.

Tabel 4.17 Nilai rata-rata THD LVMSB 1

Nilai Rata-Rata THDi dan THDv				
THDv (%)	1,9	1,9	1,6	1,5
THDi (%)	12,4	13,3	11,0	11,0

dapat dilihat untuk nilai THDv tertinggi sebesar 1,9% pada jam 08.00, dan di jam 11:00 nilai THDi tertinggi sebesar 13,3%, pada jam 11.00. dari gambar 4.1 menunjukkan bahwa THDi masih dalam

kategori aman, masih dibawah standar yang diizinkan oleh IEEE 519-2014 masih dibawah nilai ideal THDi 20 %.

4.2.1.2 Nilai Rata-Rata LVMSB 2

Tabel 4.18 Nilai rata-rata LVMSB 2

Lokasi : LVMSB 2			Nilai Rata-Rata							
Parameter			Luar Waktu Beban Pucak				Waktu Beban Puncak			
			Jam 08:00		Jam 11:00		Jam 18:00		Jam 21:00	
Tegangan rms (V)	R-N	R-S	224	392	223	394	225	402	224	402
	S-N	S-T	224	394	223	393	224	403	224	402
	T-N	R-T	223	390	222	391	224	399	223	399
Arus rms (A)	R		854,0		1162,7		546,0		275,3	
	S		851,3		1117,7		538,0		243,7	
	T		827,7		1127,7		561,7		248,0	
Frekuensi (Hz)	HZ		50,0		50,0		50,0		50,0	
	P (kW)		629,7		756,3		362,5		171,8	
Daya	Q (KVAR)		110,5		153,6		119,1		45,7	
	S (KVA)		674,2		771,7		326,0		177,1	
	Cosphi		0,97		0,97		0,96		0,97	
THDv (%)	R		1,60		1,27		1,60		1,67	
	S		1,67		1,20		1,07		1,43	
	T		1,90		1,77		1,37		1,27	
THDi (%)	R		13,10		12,70		11,13		10,93	
	S		13,10		13,00		13,07		10,93	
	T		12,57		12,33		11,40		10,60	

Dari tabel 4.18 dapat dilihat bahwa nilai THDv di Gedung Equity Tower LVMSB 2 hampir merata di setiap fasanya dengan rata-rata tertinggi adalah 1,9% di fasa T. Dengan mengacu pada Standard IEEE 519- 2014 di mana batas untuk THDv adalah 5%, maka Gedung Equity Tower masih memenuhi standard untuk THDv namun angkanya sudah mendekati batas aman yang diijinkan. Sementara untuk nilai rata-rata tertinggi THDi berada di angka 13,10% yang terjadi di fasa R dan S dimana standard yang diperuntukkan untuk THDi adalah sebesar 20 %, maka Gedung Equity Tower masih memenuhi standard untuk THDi tetapi angkanya sudah hampir mendekati batas aman yang diizinkan

Tabel 4.19 Nilai rata-rata THD LVMSB2

Nilai Rata-Rata THDi dan THDv				
THDv (%)	1,7	1,4	1,3	1,5
THDi (%)	12,9	12,7	11,9	10,8

dapat dilihat untuk nilai THDv tertinggi sebesar 1.7% pada jam 08.00, nilai THDi tertinggi sebesar 12,9%, pada jam 08.00 dari gambar 4.2 menunjukkan bahwa THDi masih dalam kategori aman, masih dibawah standar yang diizinkan oleh IEEE 519-2014 masih dibawah nilai ideal THDi 20%.

4.2.1.3 Nilai Rata-Rata LVMSB 3

Tabel 4.20 Nilai rata-rata LVMSB

Lokasi : LVMSB 3			Nilai Rata-Rata							
Parameter			Luar Waktu Beban Pucak				Waktu Beban Puncak			
			Jam 08:00		Jam 11:00		Jam 18:00		Jam 21:00	
Tegangan rms (V)	R-N	R-S	224	393	222	392	224	393	225	402
	S-N	S-T	225	391	224	392	222	397	223	403
	T-N	R-T	223	392	221	391	223	397	224	399
Arus rms (A)	R		778,00		1375,67		496,67		198,33	
	S		807,00		1371,67		500,33		187,00	
	T		810,33		1406,67		499,00		190,00	
Frekuensi (Hz)	HZ		50,00		50,03		50,04		49,97	
	P (kW)		525,35		918,99		337,80		131,46	
Daya	Q (KVAR)		131,66		186,61		48,13		18,73	
	S (KVA)		541,59		937,74		341,21		132,79	
	Cosphi		0,97		0,98		0,99		0,99	
THDv (%)	R		2,6		1,3		1,5		1,7	
	S		2,9		0,7		1,3		1,3	
	T		2,9		1,4		1,5		1,4	
THDi (%)	R		13,0		13,2		11,2		10,7	
	S		13,5		14,7		11,8		11,3	
	T		12,6		12,8		10,1		9,7	

Dari tabel 4.20 dapat dilihat bahwa nilai THDv di Gedung Equity Tower LVMSB 3 hampir merata di setiap fasanya dengan rata-rata tertinggi adalah 2,9% di fasa S dan T. Dengan mengacu pada Standard IEEE 519-2014 di mana batas untuk THDv adalah 5%, maka Gedung Equity Tower masih memenuhi standard untuk THDv namun angkanya sudah mendekati batas aman yang diijinkan. Sementara untuk nilai rata-rata tertinggi THDi berada di angka 14,7% yang terjadi di fasa S, di mana standard yang diperuntukkan untuk THDi adalah 20% maka gedung Equity tower masih memenuhi standar untuk THDi Tetapi angkanya sudah hampir mendekati batas aman yang diizinkan.

Tabel 4.21 Nilai rata-rata THD LVMSB3

Nilai Rata-Rata THDi dan THDv				
THDv (%)	2,8	1,1	1,4	1,5
THDi (%)	13,0	13,6	11,0	10,6

untuk nilai THDv tertinggi sebesar 2.8 % pada jam 08.00, nilai THDi tertinggi sebesar 13,6 %, pada jam 11.00. dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa THDi masih dalam kategori aman, masih dibawah standar yang diizinkan oleh IEEE 519-2014 masih dibawah nilai ideal THDi 20%.

4.2.1.4 Nilai Rata-Rata LVMSB 4

Tabel 4.22 Nilai rata-rata LVMSB 4

Lokasi : LVMSB 4			Nilai Rata-Rata							
			Luar Waktu Beban Puncak				Waktu Beban Puncak			
			Parameter		Jam 08:00		Jam 11:00		Jam 18:00	
Tegangan rms (V)	R-N	R-S	224	392	222	391	224	392	225	401
	S-N	S-T	225	390	224	392	222	397	223	402
	T-N	R-T	223	391	221	390	223	397	224	398
Arus rms (A)	R		690,67	1115,33			418,00			201,67
	S		699,67	1131,67			421,00			204,00
	T		681,67	1190,33			422,00			202,00
Frekuensi (Hz)	HZ		50,00	50,03			50,04			49,97
Daya	P (kW)		453,49	759,42			284,80			118,90
	Q (kVAR)		113,66	154,21			35,81			19,79
	S (kVA)		467,52	774,92			287,68			140,30
Pf	CospHi		0,97	0,98			0,99			0,99
THDv (%)	R		1,3	1,2			1,6			1,6
	S		1,4	0,7			0,6			1,3
	T		1,5	1,6			1,5			1,4
THDi (%)	R		14,7	7,3			10,2			9,8
	S		14,8	12,4			10,6			11,2
	T		12,8	10,7			10,1			12,4

Dari tabel 4.22 dapat dilihat bahwa nilai THDv di Gedung Equity Tower LVMSB 4 hampir merata di setiap fasanya dengan rata-rata tertinggi adalah 1,6% di fasa T. Dengan mengacu pada Standard IEEE 519-2014 di mana batas untuk THDv adalah 5%, maka Gedung Equity Tower masih memenuhi standard untuk THDv namun angkanya sudah mendekati batas aman yang diijinkan. Sementara untuk nilai rata-rata tertinggi THDi berada di angka 14,8% yang terjadi di fasa S, di mana standard yang diperuntukkan untuk THDi adalah sebesar 20 %, maka Gedung Equity Tower masih memenuhi standard untuk THDi tetapi angkanya sudah hampir mendekati batas aman yang diijinkan.

Tabel 4.23 Nilai rata-rata THD LVMSB 4

Nilai Rata-Rata THDi dan THDv				
THDv (%)	1,4	1,1	1,2	1,4
THDi (%)	14,1	10,1	10,3	11,2

dapat dilihat untuk nilai THDv tertinggi sebesar 1.4% pada jam 08.00, nilai THDi tertinggi sebesar 14,1%, pada jam 08.00. dari gambar 4.4 menunjukkan bahwa THDi masih dalam kategori aman, masih dibawah standar yang dizinkan oleh IEEE 519-2014 masih dibawah nilai ideal THDi 20 %.

4.2.1.5 Nilai Rata-Rata LVMSB 5

Tabel 4.24 Nilai rata-rata LVMSB 5

Lokasi : LVMSB 5			Nilai Rata-Rata							
			Luar Waktu Beban Pucak				Waktu Beban Puncak			
			Parameter		Jam 08:00		Jam 11:00		Jam 18:00	
Tegangan rms (V)	R-N	R-S	225	392	224	391	224	392	225	402
	S-N	S-T	226	390	226	391	223	397	224	403
	T-N	R-T	224	391	223	390	224	397	225	398
Arus rms (A)	R		808,67	1043,00			403,33			207,00
	S		814,67	1073,33			399,00			201,00
	T		813,33	1311,00			407,00			202,00
Frekuensi (Hz)	HZ		50,00	50,03			50,04			49,97
Daya	P (kW)		533,41	755,99			252,77			139,34
	Q (kVAR)		116,08	153,51			38,89			19,86
	S (kVA)		549,69	771,42			275,72			140,75
Pf	CospHi		0,97	0,98			0,99			0,99
THDv (%)	R		2,2	1,3			1,6			1,7
	S		2,2	1,0			1,3			1,5
	T		2,4	1,9			1,4			1,5
THDi (%)	R		16,2	15,2			10,1			11,3
	S		17,4	17,7			10,7			13,2
	T		17,5	15,8			10,2			12,8

Dari tabel 4.24 dapat dilihat bahwa nilai THDv di Gedung Equity Tower LVMSB 5 hampir merata di setiap fasanya dengan rata-rata tertinggi adalah 2,4% di fasa T. Dengan mengacu pada Standard IEEE 519-2014 di mana batas untuk THDv adalah 5%, maka Gedung Equity Tower masih memenuhi standard untuk THDv namun angkanya sudah mendekati batas aman yang diijinkan. Sementara untuk nilai rata-rata tertinggi THDi berada di angka 17,5% yang terjadi di fasa T, di mana standard yang diperuntukkan untuk THDi adalah sebesar 20% maka gedung equity tower memenuhi standar untuk THDi tetapi angkanya sudah hampir mendekati batas aman yang dizinkan.

Tabel 4.25 Nilai rata-rata THD LVMSB 5

Nilai Rata-Rata THDi dan THDv				
THDv (%)	2,3	1,4	1,4	1,6
THDi (%)	17,0	16,2	10,3	12,4

dapat dilihat untuk nilai THDv tertinggi sebesar 2.3% pada jam 08.00, nilai THDi tertinggi sebesar 17,0%, pada jam 08.00. Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa THDi pada jam 08:00 masih dibawah standar yang dizinkan oleh IEEE 519-2014 yaitu nilai ideal THDi adalah dibawah 20%.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pahaan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk Gedung Equity Tower, besarnya harmonisa tegangan (THDv) masih di bawah 5% yang artinya belum melampaui batas yang ditentukan sesuai IEEE Std. 519-2014
2. Harmonisa tegangan (THDv) yang tertinggi di Gedung Equity Tower adalah rata-rata sebesar 2,8 % pada fasa R,.
3. Harmonisa arus (THDi) yang terjadi di Gedung Equity Tower tertinggi adalah rata-rata sebesar 17,0% pada fasa T sehingga masih dibawah standar 20% yang artinya belum melampaui batas yang ditentukan sesuai IEEE Std 519-2014.

5.2 Saran

Saran yang dapat peneliti berikan untuk kedepannya sebagai berikut:

1. Pengukuran nilai harmonisa dan parameter lain dapat ditingkatkan misal menjadi 1 jam sekali untuk memperoleh data yang lebih akurat.
2. Menggunakan variasi jenis beban yang secara spesifik sebagai sumber utama munculnya harmonisa, seperti Air Conditioner (AC), motor listrik.
3. Penelitian dapat dikembangkan dengan menggunakan software komputer seperti Etap dan Matlap untuk menganalisis Harmonisa secara lengkap dan dapat dilakukan simulasi upaya untuk mereduksi Harmonisa

.DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sankaran, C. 2002. Power Quality. CRC Press LLC. Washington, D.C.
- [2] Setiawan, Awan. 2007. Kajian Pengaruh Harmonisa Terhadap Sistem Tenaga Listrik. Jurnal ELTEK. Volume 5, Nomor 2.
- [3] Sharma, Sanjeev. 2007. Basics of Eelectrical Engineering. International Publishing House Pvt. Ltd.
- [4] Sugiarto, Hadi. 2012. Kajian Harmonisa Arus dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak. Pontianak. Jurnal Polinep. Volume 8, Nomor 2.
- [5] Suryadi, Aris. 2016. Studi Harmonisa Arus dan Tegangan Listrik Pada Kampus Politeknik Enjineri Indorama. Jurnal SINERGI. Volume 20, Nomor 3.
- [6] Theraja, B.L. 1984. Text Book of Electrical Technology. New Delhi. Nirja Construction and Development.
- [7] Zulkarnaini, 2012. Pemetaan Tingkat Distorsi Harmonik Pada Gedung Kampus Institut Teknologi Padang. Jurnal Teknik Elektro ITP. Volume 1, Nomor 2
- [8] Alexander, Marc T Thomson. 2007. Power Qulity in Electrical System. The Mc Graw Hills Componies New York.
- [9] Arrillaga, J. Dan Watson. N.R. 2003 Power System Harmonics. 2 ed Jony Wiley & Sons, Ltd. England.
- [10] Dugan, Roger C. Dan McGranaghan. 2004. Electrical Power system Quality 2 and ed. The Mc- Graw Hills Componies. New York.

- [11] Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEEE). 1993. Recommended Practices and Requirement for Harmonics Control in Electrical Power System. IEEE Standar 519-2014. The Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc. New York, USA.
- [12] Hardi, Supri dan Yaman. 2013. Peredam Harmonisa dan perbaikan Daya Aplikasi Beban Rumah Tangga. Lhoksumawe. Jurnal Litek. Volume 10, Nomor 1.
- [13] Mack, Grady. 2005. Understanding Power System Harmonics. University of Texas.
- [14] Rosa, De La Fransisco. 2006. Harmonics and Power sistem. Distribution Control Sistem, Inc. Hazelwood, Missouri, USA.
- [15] Permadi, S.B. (2004). Studi Harmonisa Tegangan dan Arus di Gedung A Universitas Kristen Petra Surabaya. Skripsi Sarjana pada FTI UK Petra Surabaya : tidak diterbitkan.
- [16] Hendri Dwi Sauptro, (2019). Analisis Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik Di Gedung BPTIK UNNES Dan E11.
- [17] W. Mack Grandy, Robert J. Gilleskie, “ Harmonics and how they relate to power factor” Proc. Off yhr EPRI Power Quality Issues & Opportunities Conference(PQA’93),(November19 93).

