

# STUDI PENGARUH BEBAN HARMONIK DAN PENINGKATAN PERAWATAN PADA GEDUNG APARTEMEN SERPONG GREENVIEW BANTEN

Sukarman<sup>1</sup>, Deni Almanda<sup>2</sup>

<sup>1)2)</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta  
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat (10510)  
Email : [denialmanda@gmail.com](mailto:denialmanda@gmail.com)

## Abstrak

Makalah ini menjelaskan suatu analisa pengaruh beban harmonik di gedung Serpong Greenview, Banten. Di gedung ini terdapat banyak peralatan elektronik. Peralatan-peralatan elektronik seperti komputer, printer, scanner, inverter, konverter, dan lain sebagainya merupakan beban non-linier. Beban non-linier adalah beban dimana hubungan antara arus dan tegangannya tidak linier. Keberadaan beban non-linier pada sistem tenaga listrik akan menimbulkan gangguan harmonik. Tingkat harmonik yang melewati standar dapat menyebabkan terjadinya peningkatan panas pada peralatan. Bahkan pada kondisi terburuk dapat terjadi gangguan (*hanging up*) bahkan kerusakan permanen pada beberapa peralatan elektronik yang sensitif termasuk komputer (*Personal Computer*). Selain itu juga dapat menyebabkan berkurangnya umur peralatan. Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran kandungan harmonik tegangan dan arus listrik di Gedung Serpong Greenview Banten. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer* selama 1 (satu) hari kerja berturut-turut pada jam-jam tertentu. Hasil pengukuran selanjutnya akan dibandingkan dengan standar IEEE, sebagai evaluasi terhadap kualitas daya listrik. Hasil analisis berupa kandungan harmonik tegangan dan arus listrik (% THD) baik pada jam sibuk ataupun pada jam kurang sibuk disajikan dalam makalah ini.

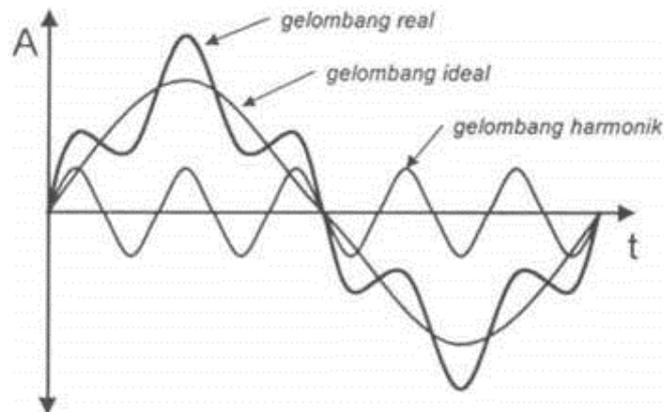
Kata kunci : Harmonik, arus, tegangan listrik, non linier, rugi daya

## 1. PENDAHULUAN

Suatu Sistem tenaga listrik dituntut dapat memenuhi syarat dasar kebutuhan layanan (*service requirement*) kepada konsumennya yaitu : dapat memenuhi beban puncak, memiliki deviasi tegangan dan frekuensi yang minimum, menjamin urutan fasa yang benar, menjamin distorsi gelombang tegangan dan harmonik yang minimum dan bebas dari surja tegangan, menjamin suplai sistem tegangan dalam keadaan setimbang, memberikan suplai daya dengan keandalan tinggi dengan prosentase waktu layanan yang tinggi dimana sistem dapat melayani beban secara efektif,

Enam hal dalam *service requirement* ini dijadikan tolok ukur, apakah layanan yang diterima oleh konsumen sudah baik atau belum. Masalah *Power Quality* menjadi penting dikarenakan 4 hal sebagai berikut : saat ini kualitas peralatan yang dimiliki konsumen lebih sensitif, pada sistem utilitas telah terjadi meningkatnya level Harmonik, konsumen belum memiliki dan mendapat informasi yang cukup menyangkut masalah *power quality*, kegagalan satu komponen pada sistem distribusi dan instalasi bisa membawa konsekuensi tertentu. Harmonik adalah distorsi periodik dari gelombang sinus tegangan, arus atau daya dengan bentuk gelombang yang frekuensinya merupakan kelipatan diluar bilangan satu terhadap frekuensi fundamental pada mana sistem suplai dirancang beroperasi (frekuensi 50 Hz/60Hz). Harmonik terjadi pada beban yang tidak seimbang menghasilkan arus non linier dan tegangan fundamental terdapat pada gelombang frekuensi non-sinusoidal, dapat menghasilkan cacatnya gelombang. Fenomena bentuk gelombang sinusoidal ini adalah bentuk gelombang sinusoidal dengan frekuensi dengan bentuk nilai Hz gelombang yang berubah sehingga terjadi cacat gelombang (sinusoidal). Bentuk gelombang yang terdistorsi merupakan penjumlahan dari gelombang fundamental dan gelombang harmonik ( $h_1, h_2$ , dan seterusnya). Pada Gambar 1. Dapat dilihat bentuk gelombang terdistorsi (gelombang real),

sebagai akibat dari perjumlahan gelombang fundamental (gelombang dasar) dan gelombang harmonik (harmonik ketiga).



Gambar 1. Gelombang harmonik

Dalam kaitannya dengan masalah harmonik, terdapat beberapa istilah yang khas dan lazim yang diantaranya : komponen harmonik, orde harmonick, spektrum, total harmonik distortion (THD) , total demand distortion (TDD) dan nilai efektif.

Komponen harmonik atau biasa di sebut harmonik adalah gelombang sinusidal yang dihasilkan oleh perkalian antara bilangan bulat dengan frekwensi dasar. Orde harmonik adalah perbandingan frekwensi harmonik dengan frekwensi dasar,dapat didefinisikan dengan persamaan.1. :

$$n = \frac{fn}{F}(1)$$

keterangan : n = orde harmonik

fn= frekwensi harmonik ke - n

F = frekwensi dasar

Gelombang frekwensi dasar tidak dianggap sebagai harmonik, yang dianggap sebagai harmonik adalah orde ke 2 sampai ke- n. Spektrum adalah distribusi dari semua amplitudo komponen harmonik sebagai fungsi dari orde harmoniknya, dan diilustrasikan menggunakan histrogram. Spektrum digunakan sebagai dasar untuk merencanakan filter yang akan digunakan untuk mengurangi meredam harmonik.

*Total Harmonic Distortion* (THD) menyatakan besarnya distorsi yang di timbulkan oleh semua komponen harmonik, THD terdapat dua kriteria, pertama adalah THDv untuk tegangan dan yang kedua THDi untuk arus. Untuk menentukan nilai THD didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} Mn^2}}{M1}(2)$$

Keterangan: THD = *Total Harmonik Distortion*

Mn = nilai rms tegangan dan arus harmonik ke -n

M1 = nilai rms tegangan pada frekwensi dasar.

$$THDv = \frac{\sqrt{M2^2+M3^2+M4^2+\dots+Mn^2}}{M1}(3)$$

$$THDi = \frac{\sqrt{M2^2 + M3^2 + M4^2 + \dots + Mn^2}}{M1} \quad (4)$$

Untuk *Total Demand Distortion* (TDD), dinyatakan dengan persamaan (5)

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{hmax} In^2}}{IL} \quad (5)$$

Keterangan:

$In$  = Arus harmonik orde ke-n

$IL$  = Arus beban puncak pada frekwensi dasar yang diukur pada PCC (*Power of Common Coupling*)

Nilai efektif atau nilai *Root Mean Square* (RMS) yang dihasilkan oleh gelombang arus / tegangan yang terdistorsi harmonik dapat didefinisikan dengan persamaan

$$RMS = \sqrt{\sum_{h=1}^{hmax} Mn^2} = M1 \sqrt{1 + THD^2} \quad (6)$$

Keterangan :  $Mn$  = nilai rms dari arus dan tegangan ke -n

$M1$  = nilai rms dari arus dan tegangan ke-1

Pada sistem tenaga listrik di kenal 2 jenis beban yaitu beban linier dan beban nonlinier.

#### A. Beban linier

Beban linier adalah beban yang menghasilkan bentuk gelombang linier artinya beban ini tidak menarik gelombang arus yang non sinusoidal pada saat beban dienerjais oleh sumber sinusoidal sehingga arus yang mengalir berbanding lurus dengan rasio tegangan dengan impedansi. Contoh beban linier adalah lampu pijar ,pemanas niklin dan resistor.

#### B. Beban non linier ( Beban sumber Harmonik)

Beban non linier adalah beban yang menyerap gelombang arus non sinusoidal pada saat dienerjais oleh sumber tegangan sinusoidal sehingga mengakibatkan bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluaran tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Beban non linier dibagi menjadi 3 kelompok yaitu;

1. Peralatan ferromagnetik, contohnya; transformator, ballast, motor induksi dan peralatan sejenis lainnya.
2. Peralatan yang menggunakan bus urapi listrik (arcing devices), contohnya; tanur listrik (arc furnace)
3. Peralatan converter elektronik (electronic converters), contohnya; penyearah (rectifier), inverter, charger, ballast elektronik, speed driver dan peralatan sejenis lainnya.

Secara umum sumber harmonik dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Beban non Linear klasik
2. Beban Elektronika Daya
3. Gabungan Harmonik ( gabungan no 1 dan no 2 )

Secara umum pengaruh harmonik pada peralatan tenaga listrik ada 3 yaitu:

1. Nilai RSM baik tegangan dan arus lebih besar
2. Nilai puncak ( peak valve ) tegangan dan arus lebih besar
3. Frekuensi sistem turun.

Efek khusus harmonik pada sistem tenaga listrik dapat di bagi menjadi 2 :

1. Efek Negatif Jangka Pendek antara lain:

- a) Tegangan harmonik dapat mengganggu kontrol yang di gunakan pada sistem elektronik. Contoh harmonik mengganggu controller yang di gunakan pada elektronika daya, yang terganggu adalah pada saat kondisi putus hubungan tiristor.
- b) Harmonik dapat menyebabkan kesalahan pada peralatan pengukuran listrik yang menggunakan prinsip induksi magnetik.  
Pengaruh harmonik terhadap akurasi alat ukur adalah :
  - Alat ukur menjadi sensitif terhadap frekuensi.
  - Medan magnet dari koil tegangan dalam sebuah alat ukur non-linier dan mengandung beberapa komponen harmonik yang seharusnya dari komposisi alat.
  - Alat ukur tidak mengukur komponen energi DC yang seharusnya.
- c) Harmonik juga dapat mengganggu alat-alat pengaman dalam sistem tenaga listrik seperti relay.
- d) Pada mesin-mesin berputar seperti generator dan motor ,torsion mekanik yang di akibatkan oleh arus harmonik dapat menyebabkan getaran dan suara/ bising pada mesin –mesin tersebut.

Efek kontinyu / jangka panjang antara lain:

1. Pemanasan kapasitor
2. Pemanasan pada mesin mesin listrik, tegangan non-sinusoidal yang diterapkan pada mesin listrik dapat menimbulkan masalah-masalah sehingga meningkatkan rugi inti belitan.
3. Pemanasan pada Transformator : Panasnya Transformator menimbulkan harmonik. Frekuensi kerjanya akan mengakibatkan penurunan efisiensi dan kerugian daya pada transformator sebagai berikut :
  - Panas lebih yang dibangkitkan oleh arus beban yang mengandung harmonik
  - Kemungkinan resonansi paralel Transformator dengan kapasitansi sistem.
4. Pemanasan pada kabel dan peralatan lainnya, menimbulkan rugi-rugi kabel yang dilewati oleh arus harmonik akan semakin besar, hal ini disebabkan meningkatnya resistansi dari tembaga akibat meningkatnya frekuensi.

## 2.5 Dampak Harmonik pada Motor Listrik

Dampak harmonik pada motor listrik antara lain :

1. Naiknya temperatur panas akibat penambahan rugi-rugi besi dan tembaga akibat pengaruh harmonik
2. Menurunkan efisiensi dan besar torsi yang dibangkitkan
3. Menaikkan level kebisingan yang ditimbulkan
4. Terjadinya cogging atau proses pengusutan yang tidak lancar
5. Munculnya slip yang terlalu besar pada motor induksi
6. Pasangan harmonik kelima dan ketujuh dapat menghasilkan osilasi mekanis pada kombinasi turbin-generator.( TindyoPrasetyo, Pengaruh harmonik pada motor listrik....)

## Kriteria Harmonik pada Transformator

Tabel 1. Standar Harmonik Tegangan (IEEE STD.519-1992)

Bus Voltage at PCC	IHDv ( % )	THDv ( % )
69 kV and below	3.0	5.0
69.001 kV through	1.5	2.5
161 kV	1.0	1.5

Tabel 2. Standar Harmonik Arus (IEEE 519 – 1992)

Isc/IL	n < 11	11 ≤ n < 17	17 ≤ n < 23	23 ≤ n < 35	n ≥ 35	THDi
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.5	0.5	8.0
50-100	10.0	4.5	4	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

Harmonik Orde Ganjil Pada :  $120 \text{ V} \leq V \leq 69 \text{ kV}$

### 3. EVALUASI KINERJA TRANSFORMATOR

#### 1. Perawatan Transformator

Peningkatan Perawatan kualitas power elektrik antara lain:

1. Pemeriksaan dan Pemeliharaan Transformator secara rutin

Tabel 3. Jadwal pemeriksaan transformator

	Item pemeriksaan	Bulanan	6 Bulanan	Tahunan	3/13 Tahunan
1	Suhu dan Arus beban	√			
2	Noise	√			
3	Level minyak		√		
4	Breather dan silica gel		√		
5	Peralatan proteksi			√	
6	Penjepit dan katup			√	
7	Tegangan tembus oil			√	
8	Korosi/Pengecatan			√	
9	Gardu transformator			√	
10	Bagian dalam Transformator				√

2. Pemeriksaan dan Pemeliharaan Alat alat sistem gedung lainnya secara rutin. Pemeriksaan dan Pemeliharaan Transformator secara rutin perlu dilakukan untuk menjamin transformator selalu dalam kondisi yang baik. Pemeliharaan dan pemeriksaannya meliputi:

1. Pemeriksaan temperatur dan arus beban
2. Pemeriksaan Noise
3. Pemeriksaan minyak Trafo
4. Pemeriksaan breather dan silika gel
5. Pemeriksaan bagian penjepit dan katup
6. Pemeriksaan Aksesories
7. Pemeriksaan gardu
8. Pemeriksaan korosi
9. Pemeriksaan bagian dalam

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Data spesifikasi perangkat ( Data Sekunder )

Tabel 4. Data spesifikasi perangkat

Day : Sabtu	Date : 24 Januari 2015	Time : 12 <sup>00</sup> -18 <sup>00</sup>
Customer Name : SERPONG GREENVIEW		
Address : JL. Lengkong Gudang Timur, Tangerang ,Serpong ,Banten.		
Contact Person : Sukarman.		
Contact Number :		

##### 4.2. Rekap Power Quality Record (Data Primer)

Tabel 4. Rekap power quality

Node	PUTR-B (trafo-2) jalur Fasa-Netral, Serpong GreenView, Tangerang	
Date	24 Januari 2015, 12:23 – 17:26 wib.	
V	220; 224; 221 V	(normal = 191-233V )
I	177,4; 203,8; 167,9 A	(max = 2000 A)
S	39; 46; 37; kVA (122 kVA)	(max = 1.320 KVA)
$V_{N-G}$	0,22 V	(normal = 0 – 5 V)
$I_{N-G}$	0,09 A	(sekecil mungkin tergantung impedansi resistansi dan tegangan)
F	49,85 – 50,16 Hz	(normal = 49,5 – 50,5 Hz)
$THD_V$	0,93 – 1,19 %	( Voltage 20 kV max = 5 %)
$THD_I$	5,5 – 11 %	(Isc/IL > 1000 max =20 %)
PF	0,76 – 0,98	(normal = 0,75 – 0,99)
T	°c	
Note	Panel tampak baru & berdebu, ruang panel tampak terawatt, tersedia grounding & PEB (bonding netral – ground), tidak terpasang arrester, ACB 2000A 3P, kabel feeder N2XY 4x1x400.	

Tabel 4. (lanjutan)

Node	PUTR-B (trafo-2) jalur Netral-Ground, Serpong GreenView, Tangerang	
Date	24 Januari 2015, 17:39 – 17:45 wib.	
$V_{N-G}$	0,17 – 0,63 V	(normal = 0 – 5 V)
$I_{N-G}$	0,09 – 31,17 A	(sekecil mungkin tergantung impedansi resistansi dan tegangan)
$THD_V$	N/A	(max = 25 %)
$THD_I$	88 – 181 %	(max = 75 %)
T	°C	
Note	Terpasang grounding & PEB (bonding netral – ground), kabel feeder N2XY 4x1x400, kabel jumper netral – ground sekitar 120, mm <sup>2</sup> .	

Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa % THD<sub>v</sub> jalur Fasa- Netral di gedung Apartemen Serpong Greenview berada pada kisaran 0,93 – 1,19 %. Berdasarkan pada standar IEEE bahwa nilai % THD<sub>v</sub> untuk Voltage 20 kV max = 5 %, maka % THD<sub>v</sub> di gedung ini saat ini masih memenuhi batas standar. Untuk hasil pengukuran % THD<sub>i</sub> jalur fasa- Netral di gedung Apartemen Serpong Greenview berada pada kisaran 5,5 – 11 %. Berdasarkan pada standar IEEE bahwa nilai % THD<sub>i</sub> untuk  $I_{sc}/I_L > 1000$  max = 20 %, maka % THD<sub>i</sub> di gedung ini saat ini masih memenuhi batas standar. Besarnya THD<sub>v</sub> dan THD<sub>i</sub> dapat di hitung sebagai berikut :

$$THD_V = \frac{\sqrt{0,1^2 + 1,5^2 + 0,05^2 + 1,8^2 + 0,0^2 + 1,2^2 + 0,02^2 + 0,9^2 + 0,00^2}}{223} \times 100 \% = 1,24 \%$$

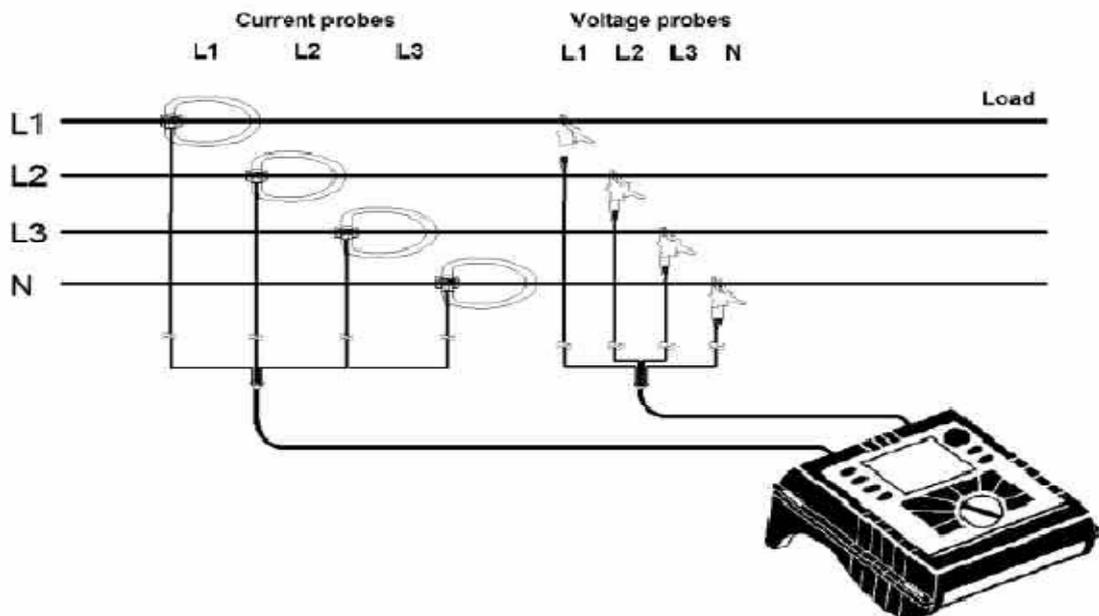
$$THD_I = \frac{\sqrt{1,2^2 + 3,5^2 + 0,08^2 + 6,2^2 + 0,0^2 + 4,1^2 + 0,02^2 + 1,7^2 + 0,00^2}}{77} \times 100 \% = 11,0 \%$$

#### 4.3. Pengukuran Daya Terpakai (Data Primer)

Tabel 5. Hasil pengukuran besaran listrik

No	PARAMETER	RESULT	REMARK
1.	Tegangan PLN 1 fasa (volt)	min 218 – 229 max	Normal
2.	Tegangan PLN 3 fasa (volt)	min 377 – 396 max	Normal
3.	Arus total PLN ( ampere )	min 69 – 222 max	Normal
4.	Frekuensi PLN (hertz)	min 49,8 – 50,2 max	Normal
5.	Unbalance tegangan (%)	min 1,08 – 1,23 max	Normal
6.	Unbalance arus (%)	min 5,41 – 10,61 max	Normal
7.	Daya PLN total (kva)	min 55 – 134 max	Normal
8.	THD tegangan (%)	min 0,98 – 7,75 max	Normal
9.	THD arus (%)	min 107 – 122 max	abnormal untuk netral – ground
10.	Power factor (PF)	min 0,76 – 0,98 max	Abnormal
11.	Tegangan netral-ground PLN (volt)	min 0,17 – 0,63 max	Normal
Pemakaian abnormal			
12.	Power factor (PF)	low = 0,76	PUTR-B 24 JAN 15 13:23:55
13.	THD arus (%)	high = 181	netral PUTR-B 24 JAN 2015 17:43:08

Dari hasil pengukuran % THD arus jalur Netral-Ground di gedung Apartemen Serpong Greenview menunjukkan nilai tinggi yaitu 181 %. Dan untuk Power factor sempat menunjukkan nilai  $Low = 0,76$ .



Gambar 2. Diagram pengukuran harmonik

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan data pengukuran di gedung Apartemen Serpong Greenview dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kandungan harmonik tegangan ( % THDV ) jalur Fasa-Netral di gedung Apartemen Serpong Greenview saat ini masih memenuhi batas standar.
2. Kandungan harmonik arus ( % THDi ) jalur Fasa-Netral di gedung Apartemen Serpong Greenview saat ini masih memenuhi batas standar.
3. Pemakaian total PUTR-B (trafo-2) terukur mencapai 134 kVA (107 kW) masih sangat aman hanya sekitar 11% dari daya listrik PLN terpasang 1250 kVA, karena mungkin bukan WBP malam hari dan apartemen belum terisi penuh.
4. Power Factor (PF) beban pernah turun sekitar 0,76 terutama pada fase –S pada jam 13;23;55 WIB.
5. Arus netral-Ground berada pada nilai yang jauh di atas normal. Adanya su harmonisa (harmonic) arus minor di sini yakni pada jalur netral-ground, bukan pada jalur utama fasa-netral (mayor), maka secara lapangan dipasang PEB /bonding/jumper Netral-Ground.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Aris Pramnamto .FU UI 2008 . Analisis Harmonik .
2. J.Schlabbach,D.Blume ,T.Stephanblome. *Voltage quality in Electrical Power Systems*.
3. Hadi Sugiarto,2012, Kajian Harmonisa Arus dan Tegangan Listrik di gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak.